

Efeito do gesso agrícola nos atributos químicos do solo em pastagem

Effect of agricultural gypsum on soil chemical attributes on pasture

Sandro Cardoso⁽¹⁾, Antônio Ayrton Morceli⁽²⁾

⁽¹⁾ e ⁽²⁾ Doutor, Pesquisador da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul, Centro de Pesquisa de Capacitação da AGRAER, Rodovia MS 080, Km 10, saída para Rochedo, CEP 79114-000, Campo Grande, MS. e-mail: sandrocardoso.agraer@gmail.com e ayrtonagraer@gmail.com

Resumo: Foram avaliados os efeitos do gesso agrícola na concentração de macronutrientes (Ca, Mg, Al, P e K), na saturação por bases e no pH em Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso de Cerrado. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em parcela subdividida, com seis tratamentos com gesso agrícola (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 kg ha⁻¹) aplicados na superfície do solo, quatro repetições e três profundidades (0 – 20, 20 – 40 e 40 - 60 cm). Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as análises de regressão ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste “t” (P<0,10). O gesso agrícola elevou a concentração de cálcio, a saturação por bases e reduziu a concentração de magnésio na profundidade de 0 – 20 cm do solo. A concentração de enxofre (mg dm⁻³) no solo foi elevada em todas as profundidades, e deslocada da menor para as maiores profundidades (0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm), os maiores valores foram obtidos nas maiores dosagens de gesso, próximos a 29,8; 70,79 e 135,88 mg dm⁻³ respectivamente, enquanto o cálcio, a maior concentração foi de 4,01 cmol_c dm⁻³ na camada de 0 – 20 cm. O pH, fósforo, potássio e alumínio não apresentaram alterações significativas.

Palavras-chave: correção, macronutrientes, pasto

Abstract: The effects of gypsum in the concentration of macronutrients (Ca, Mg, Al, P and K), base saturation and pH on Cerrado Argilous Red Dystrophic Latosol were evaluated. The experimental design was randomized blocks in subdivided plot, with six treatments with agricultural gypsum (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 and 16.000 kg ha⁻¹) applied to the soil surface, four replications and three depths (0 - 20, 20 - 40 and 40 - 60 cm). Data were submitted to analysis of variance and regression. The means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. For the regression analysis the responses were adjusted according to the means, with only the coefficients being significant using the "t" test (P < 0.10). The agricultural gypsum increased calcium concentration, base saturation and reduced the magnesium concentration in the 0 - 20 cm depth of the soil. The sulfur concentration (mg dm⁻³) in the soil was elevated at all depths and shifted from the lowest to the greatest depths (0 - 20, 20 - 40 and 40 - 60 cm), with

maximum values obtained at the highest plaster near 29,8; 70,79 and 135,88 mg dm⁻³ respectively, while calcium, the highest concentration was 4,01 cmolc dm⁻³ in the 0 - 20 cm layer. PH, phosphorus, potassium and aluminum showed no significant changes.

Keywords: correction, macronutrients, pasture

Introdução

A baixa fertilidade da maior parte dos solos brasileiros contribui para a diminuição da produtividade dos pastos. Em geral, os solos do Cerrado são ácidos, possuem baixa concentração de fósforo (P), acompanhado de elevados teores de alumínio (Al), devido à lixiviação das bases trocáveis, resultante dos altos índices de pluviosidade e pela ausência no solo dos minerais primários e secundários, responsáveis pela reposição dessas bases (Vitti & Luz, 1997).

Para a reposição e/ou disponibilização destes nutrientes, uma das práticas utilizadas, é a correção de acidez do solo pela utilização da calagem, que além de corrigir o pH do solo, fornece as plantas bases trocáveis essenciais para seu desenvolvimento.

A utilização de corretivo de solo promove a diminuição da acidez potencial (H + Al), da solubilidade do alumínio, ferro e manganês, aumenta a atividade microbiana, disponibilidade de macronutrientes, principalmente, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), proporcionam menor lixiviação do K, melhora a estrutura do solo e a eficiência das adubações, além de favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e proporcionar maior produção de matéria seca em plantas (Santana et al., 2010). Entretanto as camadas mais profundas do solo tendem a apresentar menores concentrações de cálcio (Ca) e enxofre (S).

Caires et al. (2003) sugerem que a combinação de calcário com gesso agrícola pode compensar o efeito reduzido do calcário no subsolo, principalmente nos primeiros anos de implantação, sem necessidade de incorporação prévia.

Considerando que a calagem normalmente sem incorporação pode ter sua ação limitada às camadas mais superficiais do solo, a aplicação de gesso agrícola em superfície pode ser uma alternativa de baixo custo para fornecer Ca e ainda o S, melhorando assim o ambiente radicular para o crescimento das plantas.

O gesso agrícola possui aproximadamente 19% de Ca e 15% de S. O “S” é um elemento com demanda semelhante ao P, responsável pelo crescimento das plantas, e essencial na transformação do nitrogênio não proteico em proteína, além de aumentar a resistência das plantas ao frio e a seca (Sousa et al., 2001).

Por ser um sulfato de cálcio hidratado, o gesso agrícola é muito mais solúvel do que o carbonato (calcário), permitindo que o efeito da reação seja realizado em menor tempo, em consequência, também ocorre maior lixiviação do sulfato e dos seus cátions (Ca, Mg e K)

acompanhantes, complexando o Al trocável na solução do solo. Este fenômeno diminui a fitotoxicidade do Al e disponibiliza os nutrientes catiônicos nas camadas mais profundas, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade e a maior absorção de água e nutrientes (Tanaka & Mascarenhas, 2002).

Assim a não aplicação de gesso agrícola pode limitar o crescimento radicular nas camadas mais profundas em solos do Cerrado pelas baixas concentrações de Ca e S.

Novais et al. (2007) relatam em seu estudo que 77 % dos solos do Cerrado apresentam teores inferiores a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de cálcio, na camada de 20 - 50 cm no perfil, o que pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular, resultando em menores acúmulos de massa seca da forrageira.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do gesso agrícola na concentração de macronutrientes (Ca, Mg, Al, P e K), na saturação por bases (V%) e no pH em área degradada de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, nas camadas de solo de 0 - 20; 20 - 40 e 40 a 60 cm de profundidade em Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso.

Material e métodos

O estudo foi conduzido no Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), latitude $20^{\circ} 25' 23''$ S e longitude $54^{\circ} 40' 03''$ O em Campo Grande (MS), no período de novembro de 2014 a maio de 2016. O clima local é o Aw.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcela subdividida, com seis tratamentos, quatro repetições, e três profundidades, totalizando 24 parcelas. Os seis tratamentos com gesso (fator principal), e as três profundidades (fator secundário). Os tratamentos T1 = Nitrogênio (N) – Fósforo (P) – Potássio (K); T2 = N - P - K + 1000 Kg ha^{-1} de gesso agrícola; T3 = N - P - K + 2000 Kg ha^{-1} de gesso agrícola; T4 = N - P - K + 4000 Kg ha^{-1} de gesso agrícola; T5 = N - P - K + 8000 Kg ha^{-1} de gesso agrícola e T6 = N - P - K + 16000 Kg ha^{-1} de gesso agrícola.

O volume de chuvas ocorrido no período de avaliação do estudo está representado na Figura 01.

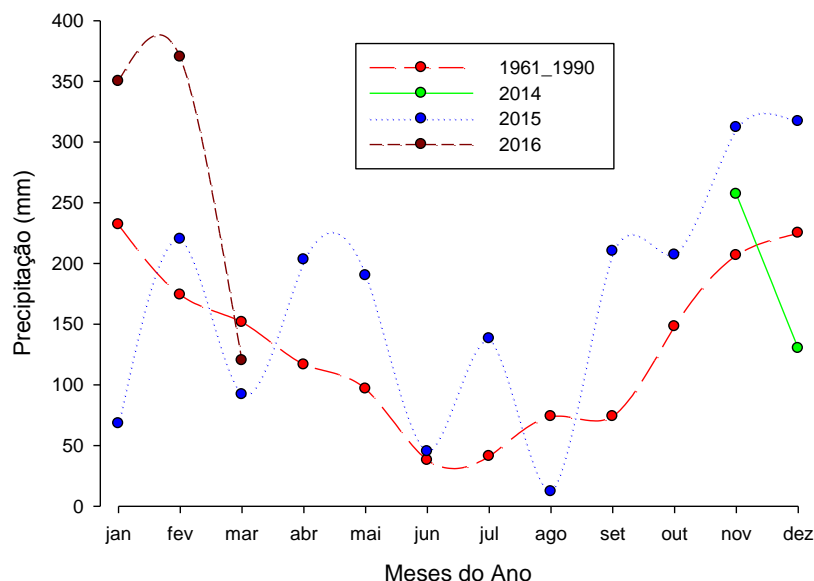


Figura 01. Precipitações (mm) ocorridas durante o período de condução do experimento e média histórica. – Campo Grande (MS).

Foram coletadas inicialmente três amostras de solo de 0 – 20, 20 – 40 e 40 a 60 cm em 30/09/2014. As amostras de solo coletadas foram analisadas quimicamente, conforme Embrapa (1997) para o pH, saturação por bases e na concentração de P, K, Al, H, Ca e Mg no solo conforme Tabela 01. A análise física apresentou 590 g kg⁻¹ de areia, 130 g kg⁻¹ de silte e 280 g kg⁻¹ de argila na profundidade de 0 – 20 cm.

Tabela 01. Análise química de solo em profundidades de 0 - 20, 20 - 40 e 40 60 cm de profundidade. Campo Grande - MS, 2014.

Prof.	pH	MO	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	PM _i	Al ⁺⁺⁺	H+Al	S	T	V%
(cm)	CaCl ₂	(g kg ⁻¹)	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				
0 – 20	5,9	3,0	2,7	1,43	0,04	1,7	0,00	4,1	4,17	8,27	50,4
20 – 40	5,9	2,4	2,1	1,07	0,03	0,7	0,00	4,1	3,2	7,30	43,8
40 – 60	5,5	1,9	1,2	0,8	0,02	0,7	0,3	4,6	2,02	6,62	30,5

PM_i= Fósforo (mehlich⁻¹)

O solo, Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso há mais de 10 anos não era corrigido. Em 2010 foi aplicado calcário dolomítico a lanço no solo na dose de 3.000 kg ha⁻¹ (PRNT de 85%).

Antes da implantação do experimento a área de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk estava submetida ao pastejo intensivo por animais de diferentes idades.

As parcelas foram demarcadas com dimensões de 5 m x 5 m (25 m²), e o espaçamento entre blocos de 3 m. Em seguida (27/11/2014) o gesso foi aplicado em única aplicação a lanço no solo, nas doses de 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000 kg ha⁻¹ em cada parcela.

Após aproximadamente 90 dias da aplicação do gesso foram introduzidos animais com objetivo de padronizar e rebaixar o pasto até a altura de aproximadamente 15 cm do nível do solo.

Após a retirada dos animais, em 05/03/2015 as parcelas foram adubadas com fertilizante a lanço, utilizando K_2O (cloreto de potássio), P_2O_5 (superfosfato triplo) e N (uréia) na dose de 100 $Kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , 60 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O e 100 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente. Em outubro de 2015, após o período de estiagem, foi realizada nova adubação na dose de 100 $Kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , 80 $Kg\ ha^{-1}$ de K_2O e 100 $kg\ ha^{-1}$ de Nitrogênio (N) com os mesmos insumos.

Durante o período de 27/11/2014 a maio de 2016 (dezessete meses) a área foi pastejada com intervalos de aproximadamente 35 a 45 dias no período chuvoso e 70 dias no período de estiagem. O período de permanência dos animais em pastejo na área foi de aproximadamente seis dias.

A coleta final de amostras de solo nas profundidades de 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm foram realizadas com a utilização de um trado tipo sonda de 60 cm no final do período das águas de 2016 (segunda quinzena/maio). Foram coletadas oito amostras em cada profundidade em cada parcela. Após serem separadas e identificadas, as amostras foram enviadas para o laboratório de solos para a análise química e física.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os aplicativos Assistat v.7.7 beta para análise de variância (ANOVA), e, quando significativos ($P<0,05$), foi utilizado o SigmaPlot v.13.0 para as análises de regressão ($P<0,10$).

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância (ANOVA), não houve efeito significativo ($P<0,05$) das doses de gesso para o pH, alumínio (Al), potássio (K) e fósforo (P). O pH inicial próximo a 5,9 e a ausência de Al na faixa de solo de 0 – 40 cm resultante da aplicação de calcário mantiveram o pH elevado e a neutralidade do Al. O gesso por sua vez não corrigiu a acidez e nem tampouco diminuiu o Al trocável do solo.

A função do gesso é alterar a forma iônica do Al^{+3} (tri-valente e mais tóxica) para uma forma menos tóxica, assim, o gesso não substitui o calcário, pois não neutraliza o Al^{+3} e não altera o pH, haja vista que não libera hidroxilas (OH^-) (Van Raij, 1991).

O “P” e o “K” apresentaram uma elevação média da sua concentração no solo (dados não publicados), possivelmente pelas adubações de correção e manutenção realizadas durante o estudo, contudo não foram observados efeitos significativos ($P<0,05$) para as diferentes doses de gesso agrícolas aplicadas para estes elementos.

Cálcio

A ANOVA para o Ca indicou efeito significativo ($P < 0,01$) entre doses de gesso e as profundidades estudadas, sugerindo que a concentração de cálcio no solo se elevou à medida que aumentaram as doses de gesso em todas as profundidades. No entanto, a análise de regressão apresentou resposta quadrática e significativa apenas para a concentração Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na profundidade de 0 – 20 cm no solo ($P < 0,01$) conforme (Figura 02).

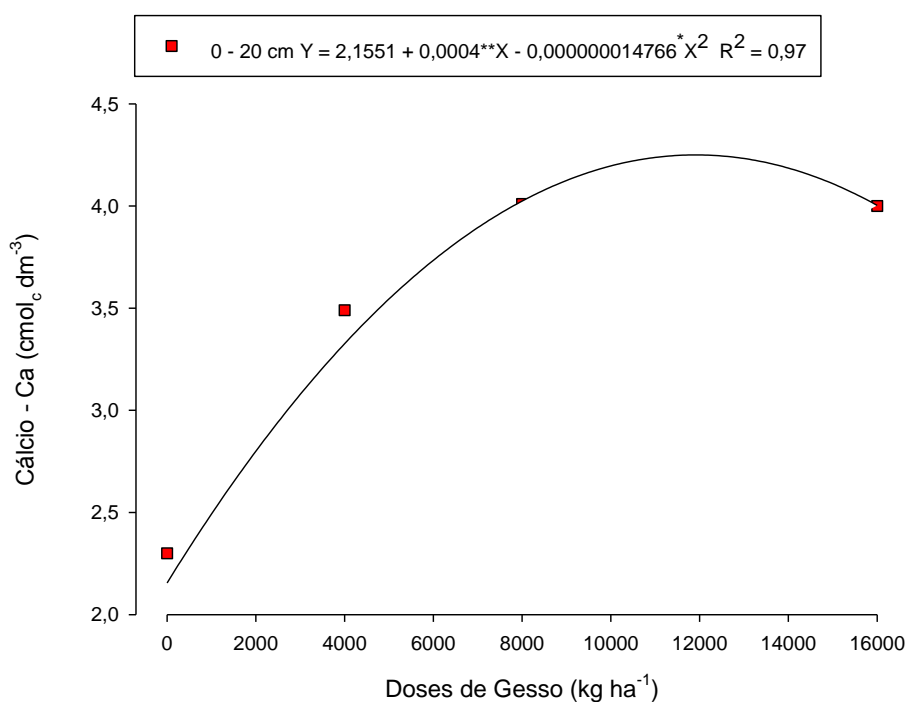


Figura 02. Teores de Cálcio (Ca) ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em função de doses de gesso (kg ha^{-1}), na profundidade de 0 – 20 cm – Campo Grande (MS), 2016.

Observou-se valores mais elevados de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada de solo de 0 - 20 cm em todas as doses de gesso estudadas, decrescendo nas camadas de 20 – 40 e 40 – 60 cm. Dentro de cada faixa de profundidade estudada, observou-se uma tendência de elevação da concentração deste elemento da menor para maior dose de gesso aplicada (Tabela 02).

Caires et al. (1999 e 2004) também observaram em seus estudos em seis profundidades variando no intervalo de 0 - 80 cm a elevação nos teores de Ca do solo sob influência da aplicação superficial no solo de gesso.

Tabela 02. Concentração de Cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em diferentes profundidades do solo (cm) em função de doses de gesso (Kg ha^{-1}).

Doses de Gesso (Kg ha^{-1})	Profundidade (cm) / Cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)		
	0 - 20	20 - 40	40 - 60
0	2,29 A	1,60 B	0,70 C
1000	2,40 A	1,90 B	0,70 C
2000	2,60 A	2,09 B	0,80 C
4000	3,49 A	1,89 B	0,90 C
8000	4,01 A	2,21 B	1,50 C
16000	4,00 A	2,31 B	1,50 C

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. $\text{CV}\% = 2,77$.

A análise de solo coletada na implantação deste estudo indicou na profundidade de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm uma concentração de Ca na ordem de 2,7; 2,1 e 1,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ respectivamente. Ao compararmos a condição inicial do solo com os dados da tabela 02, observa-se que as concentrações deste elemento no solo quando comparado com a testemunha e a na dose de 1000 Kg ha^{-1} (todas as profundidades) decresceram ao longo do tempo, possivelmente influenciado principalmente pela lixiviação e pelas doses de nitrogênio (uréia) e potássio (cloreto de potássio) aplicadas.

Apenas doses de gesso próximas a 2000 Kg ha^{-1} elevaram as concentrações de Ca no solo, próximo ou acima da condição inicial, sugerindo assim que doses menores que 2000 Kg ha^{-1} de gesso nas condições do estudo, não elevam a concentração de gesso no solo.

Cabe destacar que todas as doses de gesso, inclusive a testemunha, apresentaram concentração de cálcio na camada de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm acima do nível crítico de 1,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, considerando o intervalo entre 1,5 - 7,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para solos do cerrado descritos por Sousa & Lobato, (2004). Na camada de 40 - 60 cm a concentração de Ca^{2+} se manteve em níveis $> 0,5 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Tabela 02).

Situação semelhante aqui observada foram relatadas por Raij et al. (1998). Estes autores observaram maiores concentrações de Ca na camada de 0 - 20 cm do solo de 4,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ quando combinados doses de gesso (8 T ha^{-1}) com doses de calcário (12 T ha^{-1}), em um período de 41 meses. Nas maiores profundidades (20 - 40 cm; 40 - 60 cm e 60 - 80 cm) estes autores observaram menores concentrações que variaram de 0,8 a 0,13 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, demonstrando que mesmo em elevadas doses de gesso a maior concentração de Ca ocorre na camada de 0 - 20 cm.

A saturação do Ca no solo é considerada satisfatória quando se atinge valores entre 50 e 70% do elemento. Segundo Roscoe & Gitti (2014) solos com CTC igual ou superior a 8,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ necessitam de uma saturação de Ca acima de 50%.

Considerando o valor médio da CTC neste estudo de 8,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, observa-se que saturações de Ca próximas a 50% foram obtidas apenas com doses de gesso de 8.000 Kg ha^{-1} , e somente na camada de 0 - 20 cm (Tabela 02).

Assim presume-se que o uso de gesso em pequenas quantidades, em única aplicação, não atinjam níveis de saturação satisfatórios do elemento no solo.

Magnésio

O Mg de acordo com a ANOVA, indicou efeito significativo ($P < 0,01$) entre doses de gesso e profundidades estudadas (Tabela 3). A análise de regressão apresentou decréscimo e resposta quadrática e significativa ($P < 0,01$ e $P < 0,10$) para a concentração Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) apenas na profundidade de 0 – 20 cm (Figura 03).

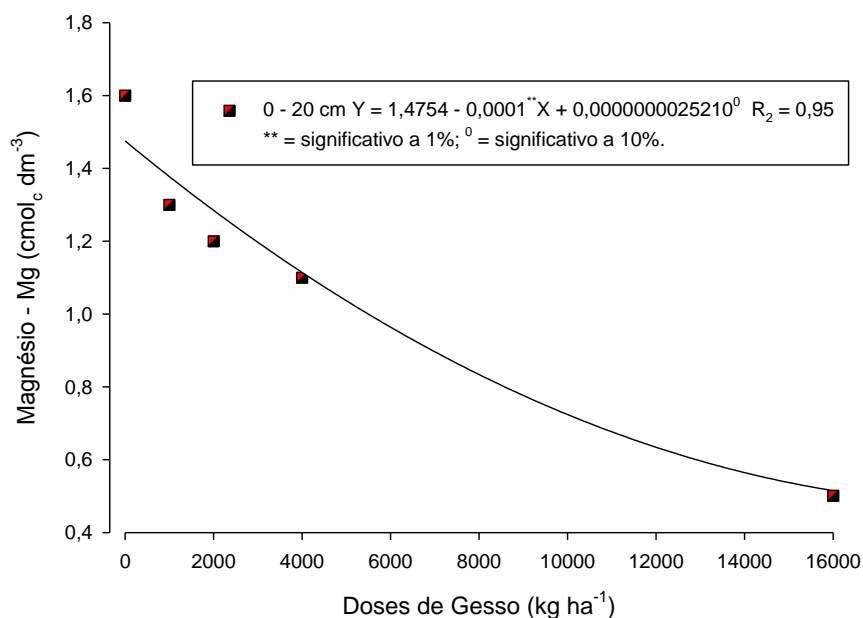


Figura 03. Teores de Magnésio (Mg^{2+}) no solo ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) em função de doses de gesso (kg ha^{-1}), na profundidade de 0 – 20 cm – Campo Grande (MS), 2016.

Verificou-se que as concentrações de Mg no solo decresceram gradativamente nas profundidades de 0 até 60 cm, estabilizando e atingindo as menores concentrações do elemento nas maiores doses de gesso (Tabela 03), inversamente proporcional ao Ca que atingiu maiores concentrações nas maiores doses de gesso, principalmente na camada de 0 – 20 cm (Tabela 02).

Tabela 03. Concentração de Magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em diferentes profundidades do solo (cm) em função de doses de gesso (Kg ha^{-1}).

Doses de Gesso (Kg ha^{-1})	Profundidade (cm) / Magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)		
	0 - 20	20 - 40	40 - 60
0	1,60 A	1,10 B	0,90 C
1000	1,30 A	1,00 B	0,60 C
2000	1,20 A	1,19 A	0,70 B
4000	1,10 A	1,00 B	0,90 C
8000	0,90 A	0,90 A	0,90 A
16000	0,50 B	0,50 B	0,60 A

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 1,29.

Yamada et al. (2007) relatam que nos cerrados do Brasil cerca de 90% dos Latossolos e Argissolos apresentam deficiência de Mg, como resultado do alto grau de intemperismo e lixiviação. Segundo estes autores as quantidades perdidas dependem da interação de vários fatores: conteúdo de Mg no solo, concentrações elevadas de H e Ca (gessagem aumenta as perdas de Mg), taxa de intemperismo, intensidade de lixiviação e retirada pelas plantas.

Mahan (2003) citado por Ramos et al. (2013) explica em seu estudo que o desbalanço entre Ca, Mg e K no solo como consequência das aplicações elevadas de gesso deve-se às relações de tamanho do raio iônico de Pauling: 0,99, 0,65 e 1,33 Å, respectivamente para Ca, Mg e K, e à carga de cada elemento 2,02; 3,07; e 0,75, para Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Estes autores explicam que, quanto maior a densidade de carga (relação carga/raio), mais intensa será a ligação iônica do cátion com íons de cargas opostas como OH^- , SO_4^{2-} . Portanto, a facilidade de formação de sulfatos percoláveis no solo aumenta na seguinte ordem: $\text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4$, que pode alterar em razão de incrementos na adição de gesso agrícola ou de fatores decorrentes da heterogeneidade do sistema solo.

Caires et al. (1998), Soratto & Crusciol (2008) e Serafim et al. (2012) citados por Ramos et al. (2013) relataram lixiviação intensa de Mg ao longo do perfil do solo, ocasionada pela aplicação de elevadas doses de gesso.

Segundo Ernani & Barber (1993) o Ca^{2+} adicionado pelo gesso desloca parte do Mg^{2+} das cargas negativas para a solução do solo. Esse aumento, entretanto, não afeta a disponibilidade geral de Mg^{2+} para as plantas, porque não altera o poder tampão de Mg^{2+} no solo, mas pode resultar em perdas desse nutriente no perfil por lixiviação (Ernani, 1986).

A lixiviação de Mg^{2+} tem sido frequentemente observada em estudos com aplicação superficial de gesso (Caires et al., 1998, 1999, 2003, 2004) e pode ser um dos motivos da sua diminuição (Figura 03).

Apesar da diminuição nas concentrações de Mg no solo, possivelmente ocasionado por vários fatores, dentre eles a absorção da espécie forrageira, lixiviação ou pela elevação da concentração de Ca no solo decorrente da aplicação de gesso (desbalanço da relação

cálcio/magnésio), a sua concentração mesmo nas maiores doses de gesso, manteve uma relação Ca/Mg dentro do intervalo esperado que é de 1:1 até o máximo de 10:1 (Sousa & Lobato, 2004), apesar de serem observadas concentrações consideradas mínimas na ordem de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para solos do Cerrado na maior dose de gesso (Tabela 03).

Assim, doses elevadas de gesso podem levar a um desequilíbrio na relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ diminuindo a concentração de Mg^{2+} no solo.

Saturação por Bases

A saturação por bases (V%) foi alterada pela aplicação do gesso. De acordo com a ANOVA, houve efeito significativo ($P < 0,01$) entre doses de gesso e as profundidades estudadas. A V% apresentou tendência de elevação em função do aumento nas doses de gesso aplicadas ao solo, e redução no sentido da menor para maior profundidade estudada (Tabela 04).

Tabela 04. Saturação por bases (V%) em diferentes profundidades do solo (cm) em função de doses de gesso (Kg ha^{-1}).

Doses de Gesso (Kg ha^{-1})	Profundidade (cm) / Saturação por Bases (%)		
	0 - 20	20 - 40	40 - 60
0	49,50 A	45,60 B	28,60 C
1000	48,4 0A	42,00 B	28,50 C
2000	49,12 A	43,37 B	29,50 C
4000	53,47 A	44,28 B	28,60 C
8000	55,00 A	48,90 B	37,30 C
16000	53,10 A	44,00 B	34,30 C

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 1,67

A análise de regressão apresentou resposta significativa e quadrática para V% apenas na profundidade de 0 – 20 cm conforme (Figura 04). O V% inicial de 50,4% na faixa de 0 – 20 cm do solo indicou um leve decréscimo em percentuais ao longo do tempo na ausência do gesso e nas doses de 1000 e 2000 Kg ha^{-1} de gesso, se elevando apenas nas maiores dosagens conforme Figura 4 e Tabela 04.

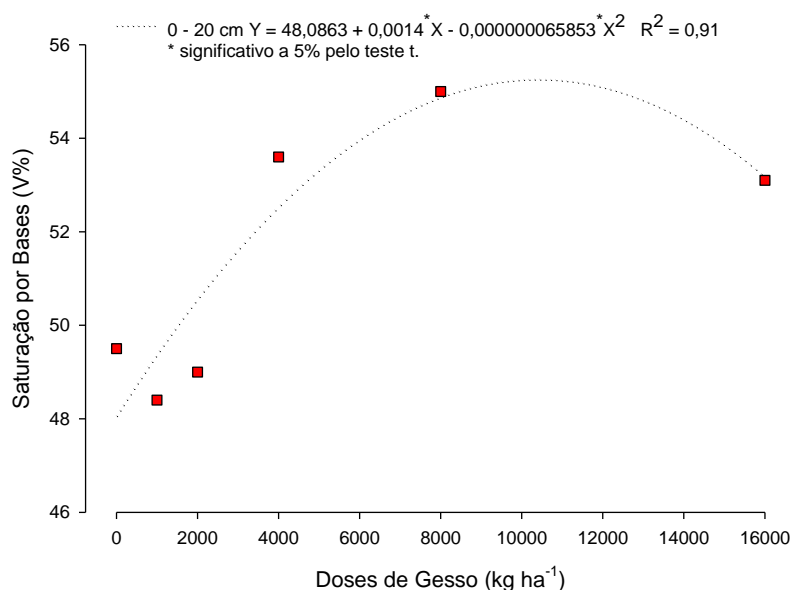


Figura 04. Saturação por Bases (V%) em função de doses de gesso (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS), 2016.

Assim, podemos sugerir que doses de gesso influenciam positivamente na elevação do V% na camada de 0 - 20 cm, conforme demonstrado pelos dados obtidos, onde a maior V% obtida foi de 55,5 com doses de gesso próximo a 11.000 kg ha⁻¹. Cabe lembrar que saturação por bases próxima a 50% é satisfatória para o bom desenvolvimento da maioria das espécies forrageiras do Cerrado, mesmo as mais exigentes (Vilela et al., 1998).

A acidez dos solos é um dos fatores que mais limitam a produtividade das espécies forrageiras (Prado & Barion, 2009) por não propiciar condições adequadas ao seu desenvolvimento.

As observações indicaram que após aproximadamente 6 anos da aplicação do calcário em superfície do capim braquiária, período este que normalmente a saturação por bases apresenta decréscimos e começam aparecer traços mais elevados de alumínio no solo, com a aplicação de gesso juntamente com o calcário, a V% pode ser mantida e/ou elevada, e os níveis de alumínio podem ser mantidos em baixas concentrações no solo.

Quando há o equilíbrio entre a calagem, gessagem e adubação no solo, a disponibilidade de nutrientes é maximizada, o que confere à planta forrageira condições de resistir às intempéries e ao pastejo, incrementando a produção e melhorando o valor nutritivo da massa seca (Herling et al., 2001).

Enxofre

A concentração de “S” no solo foi elevada. A ANOVA indicou efeito significativo ($P < 0,01$) entre doses de gesso e as profundidades estudadas. Assim, as concentrações de “S” no solo (mg dm^{-3}) se elevaram da menor para a maior profundidade e da menor para maior dose de gesso. Os dados são melhores representados pela equação de regressão linear ($P < 0,01$) nas profundidades de 0 - 20 e 20 a 40 cm, e pela equação quadrática ($P < 0,01$) na profundidade de 40 a 60 cm (Figura 05).

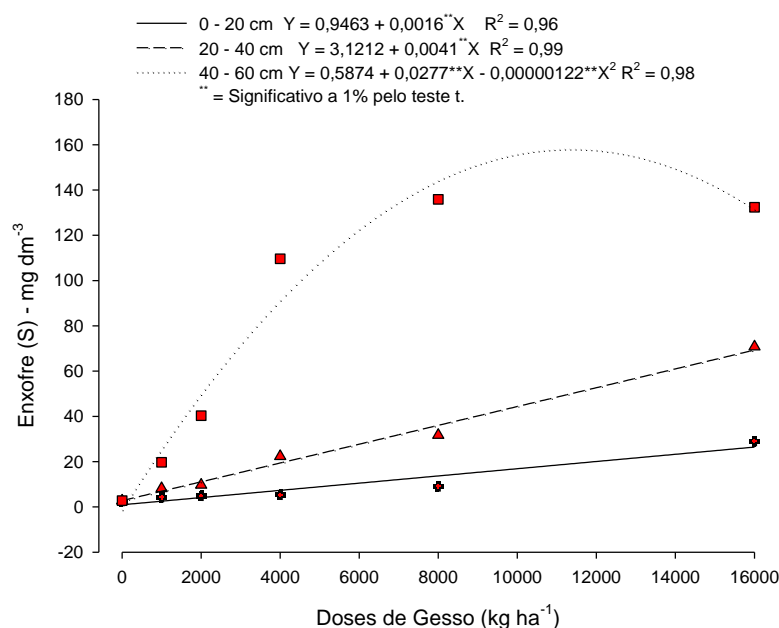


Figura 05. Teores de enxofre (S) no solo (mg dm^{-3}) em função de doses de gesso (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS), 2016.

O “S” apesar de ser um elemento normalmente pouco lembrado na adubação em pastos, possui uma função importante para as plantas, pois é encontrado em aminoácidos e como componente de algumas proteínas; é um elemento exigido em quantidades semelhantes ao fósforo pelas plantas, estimula o crescimento, além de aumentar a resistência a seca (Sousa et al., 2001).

A elevação na concentração de “S” da menor para maior profundidade em função da dosagem de gesso utilizada (Tabela 05) indica um claro deslocamento deste elemento das camadas superficiais do solo para as camadas mais profundas.

Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, verificaram que, 24 meses após a aplicação de uma dose de 12 t ha^{-1} de gesso em superfície, cerca de 60 % do “S” já havia sido deslocado/lixiviado para camada abaixo de 0,80 m de profundidade e que apenas uma pequena parte (10 %) encontrava-se na camada de 0 – 20 cm.

O elevado volume de precipitações (mm) ocorridas em alguns meses durante condução do experimento possivelmente tenham contribuído para aumentar a lixiviação/deslocamento deste elemento (Figura 01).

A pequena retenção do “S” nas camadas superficiais do solo, principalmente de 0 – 20 cm pode ser atribuída em parte também aos maiores valores de pH observados nessas camadas. A elevação do pH promove a predominância de cargas elétricas negativas, que favorecem a movimentação do “S” (Camargo & Raij, 1989).

Tabela 05. Enxofre (mg dm^{-3}) em diferentes profundidades do solo (cm) em função de doses de gesso (Kg ha^{-1}).

Doses de Gesso (Kg ha^{-1})	Profundidade (cm) / Enxofre (mg dm^{-3})		
	0 - 20	20 - 40	40 - 60
0	2,56 A	2,70 A	2,79 A
1000	4,23 C	8,17 B	24,86 A
2000	4,87 C	9,71 B	40,34 A
4000	5,31 C	24,15 B	109,65 A
8000	9,02 C	31,76 B	135,88 A
16000	29,08 C	70,79 B	132,07 A

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 1.67

Na camada de solo de 0 - 20 e 20 - 40 cm as maiores concentrações de “S” estimadas pela equação de regressão na dose mais elevada de gesso (kg ha^{-1}), foram de 26,5 e 69,97 mg dm^{-3} respectivamente. Já na profundidade de 40 - 60 cm a maior concentração de “S” estimada foi de 158 mg dm^{-3} na dose de 11.500 kg ha^{-1} (Figura 05).

Cabe evidenciarmos que a recomendação de enxofre (S) para gramíneas forrageiras é de $\text{NG} = 75 \times \text{teor de argila}$ (Sousa & Lobato, 2004), o que representaria 2.160 kg ha^{-1} de gesso para este estudo considerando o teor médio de argila de 28,8%, ou aproximadamente 325 kg de “S”. Ainda segundo os mesmos autores, concentrações médias e satisfatórias de “S” estão no intervalo entre 5 e 9 mg dm^{-3} na camada de solo de 0 até 40 cm, quantidades estas que proporcionariam elevados índices de produtividade do pasto, desde que os demais nutrientes não sejam limitantes.

De acordo com as equações de regressão (Figura 05) o intervalo satisfatório para “S” entre 5 e 9 mg dm^{-3} para espécies forrageiras é atingido respectivamente nas camadas de 0 – 20 cm; 20 – 40 e 40 a 60 cm nas doses de gesso próximas a 2.500 kg ha^{-1} , 1000 kg ha^{-1} e 300 kg ha^{-1} , demonstrando que as necessidades de gesso (kg ha^{-1} no solo) para atender índices de produtividade satisfatória, diminuem no sentido da menor para a maior profundidade em função do seu deslocamento das camadas superficiais para as camadas mais profundas do solo.

Assim presume-se que doses máximas próximas a 2.500 kg ha^{-1} de gesso devam atender a demanda das principais espécies forrageiras na camada de 0 a 60 cm. Considerando que a maioria das espécies forrageiras do Cerrado (principalmente as gramíneas) possui um sistema

radicular profundo sob um manejo de solo e planta adequado, estas doses podem ser ainda menores.

Conclusão

O gesso agrícola elevou a concentração de cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), da saturação por bases (V%) na profundidade do solo de 0 - 20 cm, de enxofre (mg dm^{-3}) nas profundidades do solo de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, e, reduziu a concentração magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) na profundidade de 0 - 20 cm.

Houve um deslocamento de enxofre aplicado na superfície do solo da menor para as maiores profundidades no solo, enquanto o cálcio apresentou maior concentração na camada superficial.

Bibliografia

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2016). **Homepage** <http://www.assistat.com>, por Francisco de A. S. e Silva – UFCG – Brasil. Atualizado em 01/04/2015.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:125-136, 2004.

CAMARGO, O.A. & RAIJ, B. V. Movimento de gesso em amostras de solo com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:275-280, 1989.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. (Documento, 1).

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Viçosa, v. 10, n. 3, p. 241-245, 1986.

ERNANI, P.R. & BARBER S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetados pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.41-46, 1993.

HERLING, V.R.; SOBRINHO, E.O.M.; LUZ, P.H.C.; SUDA, C.H.; BRAGA, G.J.; 25 LIMA, C.G. Efeitos de tipos e doses de calcário na produção e valor nutritivo da matéria seca do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1243-1248, 2001.

MAHAN, B.M. Química: Um curso universitário. 6.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2003. 581p, citados por RAMOS, B.Z; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SERAFIM, M.E.; BASTOS, A.R.R.; GUIMARAES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. DOSES DE GESSO EM CAFEIEIRO: Influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1018-1026, 2013.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa 2007, 1ª ed. 741p.

PRADO, R.M.; BARION, R.D. Efeitos da calagem na nutrição e produção de massa seca do capim-Tifton 85. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 218-224, 2009.

RAIJ, B.V.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A. ; JÚNIOR, A.P. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:101-108, 1998.

RAMOS, B.Z; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SERAFIM, M.E.; BASTOS, A.R.R.; GUIMARAES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. DOSES DE GESSO EM CAFEIEIRO: Influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1018-1026, 2013.

ROSCOE, R.; GITTI, D.C. Nutrição Equilibrada Para sua Lavoura. Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja. **Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014**. p. 16 – 44. 2014.

SANTANA, G.S.; BIANCHI, P.M.; MORITA, I.M.; ISEPON, O.J.; FERNANDES, F.M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 241 - 246, jan./mar. 2010.

SORATTO, R.P. & CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:675-688, 2008; citado por RAMOS, B.Z; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.; SERAFIM, M.E.; BASTOS, A.R.R.; GUIMARAES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. DOSES DE GESSO EM CAFEEIRO: Influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1018-1026, 2013.

SOUSA, D. M; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUSA, D. M. G; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W.V. Uso de gesso calcário e adubos para pastagens no cerrado. **Circular Técnica**, Embrapa Cerrados, Planaltina, n. 12, p. 1 - 22, 2001.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Resposta da soja à aplicação de gesso agrícola. O agrônomo – **Informativo técnico**. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, v. 54, n. 2, p. 27-28, 2002.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 327p.

YAMADA, T.; STIPP, R.S.; ABDALLA. Informações recentes para otimização da produção agrícola. **Informações agronômicas**, Nº 117, p.28, março, 2007.

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G.; MACEDO, M.C.M. Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado. EMBRAPA-CPAC, **Circular Técnica**. n. 37. Dezembro de 1998.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: **SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS**, 3., 1997, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p. 63-111.