

CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES APÓS A INCUBAÇÃO DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊMICO¹

*ROSANE CLÁUDIA RODRIGUES², HERBERT BARBOSA DE MATTOS⁴, LUIZ PEDRO DE MELO PLESE³, WALCYLENE LACERDA MATOS PEREIRA⁵, KÄTHERY BRENNECKE⁶

¹ Projeto financiado pela FAPESP. Recebido para publicação em:09/12/03. Aceito para publicação em:23/06/04.

² Departamento de Zootecnia, FZEA, USP, Av. Duque de Caxias Norte, 225, CEP 13635-900, Pirassununga, SP.
E-mail: r.rodri@bol.com.br

³ UNICAMP, Av. Alberto Einstein, 500, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Barão de Geraldo, CEP 13083-970 Campinas, SP.

⁴ Departamento de Produção Animal da ESALQ, USP, Caixa Postal 09, CEP 13418-900. Piracicaba, SP.

⁵ Departamento de Solos e Engenharia Rural, UFMT, Av. Fernando Correa da Costa, s/n, CEP 78060-900, Cuiabá, MT.

⁶ FZEA, USP, Av. Duque de Caxias Norte, 225, CEP 13635-900, Pirassununga, SP.

RESUMO: O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, com solo (neo quartzarêmico), proveniente de uma pastagem degradada da estação experimental do Instituto de Zootecnia de Brotas, SP. O delineamento utilizado foi o blocos casualizados com arranjo fatorial 4 x 6 (4 doses de calcário e 6 épocas de coletas), com três repetições. As doses de calcário aplicadas foram 0; 1587,6; 3175,2 e 4762,8 mg kg⁻¹ de solo. Observou-se significância (P<0,05) para as doses de calcário em todas as avaliações. O comportamento foi linear para o pH CaCl₂, Ca, Mg, acidez potencial (H + Al) e capacidade de troca catiônica. A interação doses de calcário x fator dias foi significativa (P<0,05) para os teores de matéria orgânica, potássio, soma de bases (S) e saturação por bases (V%). Para a matéria orgânica dentro do 25^o dia e saturação por bases no 5^o dia o efeito foi quadrático, enquanto nos demais foi linear. Os resultados indicam que a calagem influencia o comportamento químico do solo e que mais estudos, principalmente em condições de campo e de longa duração devem ser feitos.

Palavras-chave: calagem, composição química, capacidade de troca catiônica, soma de bases

LIMING AND AVAILABILITY OF NUTRIENTS AFTER INCUBATION OF A NEOSSOIL QUARTZAREMICO SOIL

ABSTRACT: An experiment was carried out in a greenhouse, with soil (Neossolo Quartzaremico) from degraded pasture of the Estação Experimental of the Institute de Zootecnia, Brotas, SP. A 4x6 factorial (4 lime rates x days of sampling) in a randomized complete block design, with three replications was used. Lime rates were 0; 1587.6; 3175.2 and 4762.8 mg/kg of soil with soil sampling at intervals of 5 days, during 30 days. It was observed significant effects (P<0.05) for lime rates in all variable evaluated parameters. The effect was linear for pH in CaCl₂, Ca, Mg, acidity potential (H + Al) and cation exchange capacity. The interaction rates of lime factor days was significant (P<0.05) for organic matter content (O.M.), potassium, sum of bases (S) and base saturation (V%). For the organic matter within the of 25th day and base saturation in the 5th day the effect was quadratic, while in the others it was linear. The results showed that lime influenced the chemical behavior of the soil and more studyies has to be done in field conditions and long duration.

Key words: liming, chemical composition, cation exchange capacity, sum of bases

INTRODUÇÃO

A área de pastagens, no Brasil, ocupa aproximadamente, 180 milhões de hectares, que corresponde a 20% do território nacional (FAO, 2002). Todavia, as mesmas são implantadas em solos ácidos que, freqüentemente, apresentam baixos teores de cálcio e de magnésio trocáveis, teores elevados de alumínio trocável e de manganês disponível e baixa porcentagem de saturação por bases. A prática da calagem, no Brasil, vem sendo recomendada devido à representatividade das áreas destinadas à agricultura e pecuária que se encontram sob condições de solos ácidos.

As plantas forrageiras apresentam respostas distintas frente à acidez do solo e são classificadas como mais ou menos tolerantes e responsivas ou não à correção da acidez do solo (WERNER *et al.*, 1996). Neste sentido, a calagem visa fornecer cálcio e magnésio, elevar o pH do solo e, como consequência aumentar a disponibilidade de P e Mo, reduzir o Al, o Mn e o Fe que, em excesso podem ser tóxicos para as plantas e para o rizóbio nas leguminosas.

A recomendação de calagem em pastagens é muito variável, pois depende da planta forrageira bem como da região em que esta encontra-se (VITTI e LUZ, 1997). No Estado de São Paulo e, principalmente, e no Centro Oeste, o critério de calagem utilizado é baseado no método de saturação por bases, proposto por RAU (1981), o qual é realizado através da seguinte expressão:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = (V_2 - V_1) T / 10 \text{ PRNT.}$$

Onde: NC =necessidade de calagem (t ha⁻¹) para a profundidade de 0-20 cm, V₁ = saturação por bases atual do solo na camada de 0-20cm (%), V₂ = saturação por bases desejada para uma determinada pastagem (%), T = capacidade de troca catiônica (mmol_cdm⁻³) e PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Os valores de V₁ e T são fornecidos através da análise química da amostra de solo, o PRNT depende do calcário e o valor de V₂ a ser utilizado é dependente da planta forrageira a ser cultivada. Esse é o critério mais utilizado em todo o Brasil. Os outros critérios são baseados nos teores de Ca e Mg, no Al e Ca + Mg trocáveis do solo (Minas Gerais) e tampão SMP (Rio Grande do Sul e Santa Catarina).

O efeito da acidez no solo é bem explicado pelo trabalho de ARNON e JOHNSON(1942) citado por (MALAVOLTA, 1980), os quais realizaram experimentos para verificar o efeito direto do pH, onde foram utilizados o tomateiro, a alface e a grama bermuda. Concluíram que, em valores extremos de pH, as plantas morreram ou apresentaram acentuada diminuição do crescimento. Em pH 3,0 a absorção de macronutrientes foi drasticamente reduzida, havendo, em alguns casos, perdas de P, K, e Mg. Em pH 9,0 houve acentuada queda na absorção de P. Em pH 4,0 houve diminuição dos prejuízos devido ao cálcio, pois, segundo esses autores, o cálcio estimula a absorção de potássio e, aparentemente, diminui a competição do hidrogênio com os demais cátions. O crescimento máximo foi verificado entre pH 6 e 7.

Acredita-se que, nas condições de solo, o efeito principal do pH seja o indireto, ou seja, a variação na acidez ou alcalinidade está associada com variações na disponibilidade de elementos químicos, nutrientes ou não (MALAVOLTA, 1980).

MALAVOLTA *et al.* (1989) afirmaram que, de modo geral, as maiores disponibilidades em relação ao pH estão associadas a maiores concentrações na solução do solo, e finalmente, maior capacidade de absorção da planta.

A prática da calagem é muito antiga, era usada pelos gregos e os bárbaros gauleses, os quais aplicavam calcário ao solo de diversas formas para aumentar as colheitas (MALAVOLTA, 1980). Entretanto,

a sua recomendação, principalmente com base na análise do solo, tem sido até hoje motivo de controvérsia nos meios científicos.

A correção da acidez, ou princípio da calagem, baseia-se na troca iônica, capacidade que o solo possui, quando em presença de um sal, de reagir e trocar cátions.

O calcário tem sido o produto mais freqüentemente utilizado como corretivo, face à freqüência e abundância com que ocorre na natureza. Porém, outros materiais também podem ser utilizados tais como: óxido de cálcio e de magnésio (cal virgem) obtidos pela calcinação do calcário; hidróxidos de cálcio e de magnésio, obtidos pela hidratação dos seus respectivos óxidos; e calcário calcinado, obtido pela calcinação parcial do calcário (DE-POLLI, 1988).

LOPES (1984) apontou a necessidade de calagem para elevar o pH dos solos de cerrado a valores acima de 5,5 para ativar a formação de cargas negativas na fração orgânica do solo, aumentar a capacidade de troca catiônica e reduzir o potencial de perdas de cátions por lixiviação.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento químico de um solo classificado como solo neoquartzarêmico proveniente de uma pastagem degradada e de baixa produtividade, em função da aplicação de calcário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, localizada no Departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, em Piracicaba - São Paulo, no período de janeiro a março de 2001.

Foi utilizado um esquema fatorial 4 x 6, envolvendo quatro doses de calcário (0; 1587,6; 3175,2 e

4762,8 mg kg⁻¹ de solo) e seis épocas de amostragens durante 30 dias. As doses foram distribuídas segundo o delineamento experimental de blocos completos ao acaso, com três repetições. As doses de calcário foram calculadas pelo método de saturação por elevação de bases, onde se pretendia elevar o V2 para 48, 60 e 72, respectivamente. A saturação por base inicial do solo era V%=36.

O solo, utilizado no experimento, foi coletado na estação experimental do Instituto de Zootecnia de Brotas - SP, numa pastagem que apresentava sinais visíveis de degradação produtiva, com mais de quinze anos de uso e que nunca havia sido adubada. O solo da região é classificado como Neossolo Quartzarêmico (EMBRAPA, 1999), possuindo as seguintes características químicas: 14,0 g dm⁻³ de MO; 2,0 mg dm⁻³ de P; 1,2 mmol_c dm⁻³ de K; 7,0 mmol_c dm⁻³ de Ca; 4,0 mmol_c dm⁻³ de Mg; 26,0 mmol_c dm⁻³ de H + Al e 4,9 de pH em CaCl₂; 12,6 mmol_c dm⁻³ de SB; 38,9 mmol_c dm⁻³ de CTC; 36,0 % de V e 0,19 mg dm⁻³ de B; 0,4 mg dm⁻³ de Cu; 59,6 de mg dm⁻³ Fe; 3,0 mg dm⁻³ de Mn e 1,2 mg dm⁻³ de Zn.

O solo foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm, e depois seco, homogeneizado, peneirado, pesado, colocado em sacos plásticos, aplicando-se o calcário, para então ser depositado em vasos com capacidade para 10 kg. O calcário utilizado foi o dolomítico, com PRNT de 102 (Quadro 1). Todos os vasos receberam água desmineralizada até a capacidade máxima de retenção a fim de permitir reação do calcário com o solo.

Durante o período de avaliação, a cada 5 dias foram coletadas amostras de cada unidade experimental. As amostras foram secas em estufa e depois foram levadas para o laboratório de Solos e Nutrição de Plantas para a determinação de macro e micronutrientes, (H + Al), matéria orgânica e pH. A matéria orgânica foi extraída via úmida e determinada colorimetricamente. A determinação do pH

Quadro 1. Análise do corretivo utilizado no experimento

Descrição	Análise	%
Óxido de cálcio	CaO	34,16
Óxido de magnésio	MgO	17,74
Soma de óxidos		51,90
Carbonato de cálcio	CaCO ₃	61,15
Carbonato de magnésio	MgCO ₃	44,00
Soma de carbonatos		105,15
Sílica e insolúveis		3,31
PN		102,00
	Tyler Mesh	%
	10	100,00
	20	99,99
	30	99,95
PRNT		101,98

foi feita em solução de CaCl₂ 0,01M. A acidez potencial (H +Al) foi determinada através da solução tampão SMP. O fósforo foi extraído pelo método da resina trocadora de íons e determinado colorimetricamente pelo método do Molibdato azul. O K, o Ca e o Mg foram extraídos por resina trocadora de íons, sendo o Ca e o Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o K por fotometria de emissão (RAIJ *et al.*,1987).

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise de variância e, nos casos de significância (P<0,05), procedeu-se o estudo das regressões para os componentes de primeiro e de segundo grau. Empregou-se o pacote estatístico "Statistical Analysis System" (SAS Institute, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância mostrou que

o teor de fósforo no solo não foi influenciado (P>0,05) pela aplicação de calcário. Esse resultado pode ser devido aos baixos teores desse nutriente, neste tipo de solo.

O teor de matéria orgânica variou no 20^o e 25^o dia (P<0,05) em função da aplicação do calcário. O comportamento seguiu um modelo linear de regressão no 20^o dia e um modelo quadrático no 25^o dia (Figura 1).

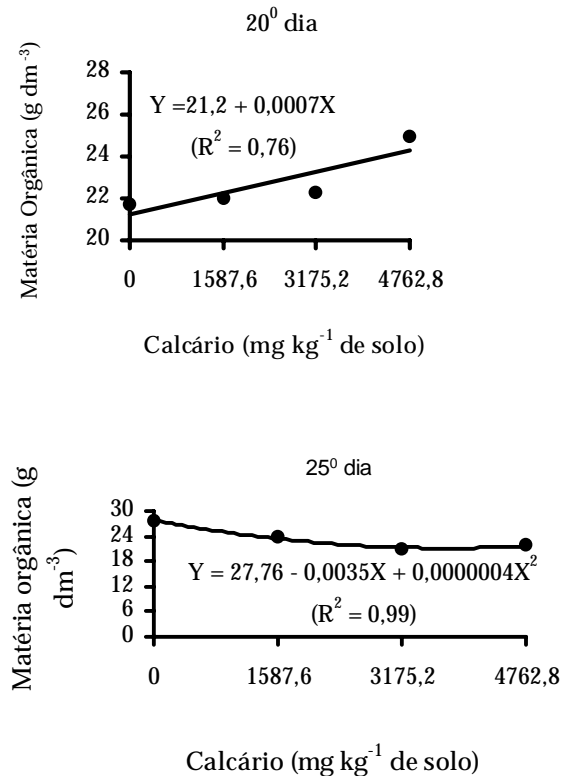


Figura 1. Teor de matéria orgânica em um neossolo quartzêmico no 20^o e 25^o dia em função das doses de calcário

Pelo comportamento das equações obtidas, nota-se um aumento crescente no teor de matéria orgânica com a aplicação de calcário no 20^o, o comportamento da equação, nesse caso, indica também que até esse período o calcário não tinha reagido completamente. No 25^o dia o comportamento quadrático indica que a duração do ensaio foi suficiente para que o calcário reagisse e nesse período a matéria orgânica foi "queimada" pelo solo.

O comportamento do pH, determinado em solução de CaCl_2 durante o período de incubação, está representado na (Figura 2). O resultado obtido mostra que o efeito foi linear e crescente. Este resultado mostra a efetividade das doses propostas neste estudo, na correção da acidez. Os resultados conferem com os obtidos por PREMAZZI (1991) e MITIDIERI (1995).

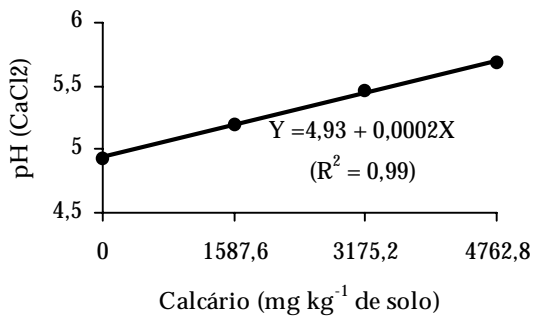


Figura 2 - Variação do pH medido em CaCl_2 durante o período de incubação do solo.

O teor de potássio no solo foi significativamente ($P < 0,05$) influenciado pela aplicação de calcário em dois períodos de coleta (10^0 e 20^0 dias). Nos dois casos, os resultados tiveram ajustes a um modelo linear de regressão (Figura 3). Os teores de potássio que eram originalmente baixos, segundo Raji *et al.* (1996), foram elevados para médios.

Os teores de cálcio no solo foram significativamente influenciados ($P < 0,05$) pelas doses de calcário. O efeito seguiu um modelo linear de regressão (Figura 4). Observa-se, pelo comportamento da equação, aumento acentuado nos teores de cálcio no solo, aumento esse, possivelmente devido aos altos teores desse elemento presente no calcário utilizado no estudo.

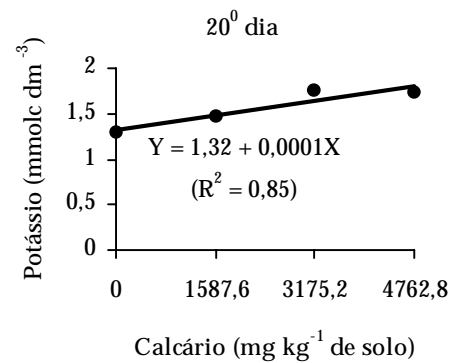
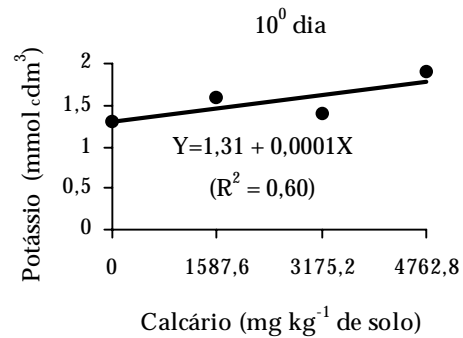


Figura 3. Teores de potássio no solo no 10^0 e 20^0 dias, durante o período de incubação do solo

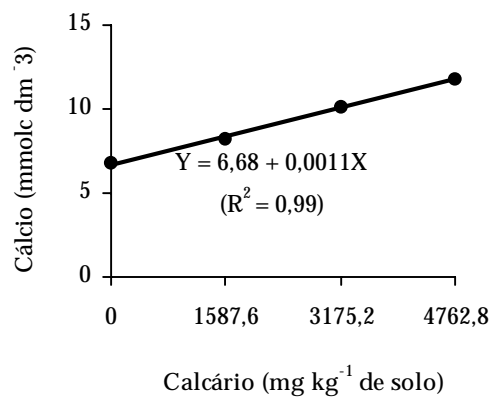


Figura 4. Teores de cálcio no solo durante o período de incubação do solo

Avaliando os dados para o teor de magnésio no solo, notou-se significância ($P < 0,05$) para as doses de calcário. O resultado foi explicado por uma equa-

ção de primeiro grau (Figura 5). Os teores originais desse nutriente no solo eram baixos, quando comparados aos resultados citados por RAUJ *et al.* (1996) e, com a aplicação do calcário pode chegar até níveis considerados elevados nas doses mais altas de calcário, como demonstra a equação. Isso se deve à alta concentração desse elemento no calcário utilizado no experimento.

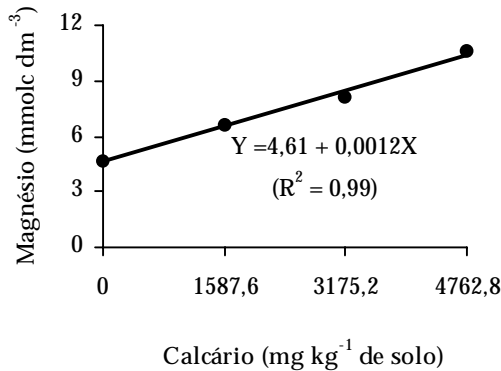


Figura 5. Teores de magnésio no solo durante o período de incubação do solo

Observou-se mudança ($P < 0,05$) na acidez potencial ($H + Al$) em função das doses de calcário. O comportamento da acidez potencial foi representado por uma equação de primeiro grau (Figura 6). Através da análise de regressão, verifica-se que a acidez potencial foi reduzida à medida que se elevaram as doses de calcário. Esse comportamento confere com os encontrados por PREMAZZI, (1991), MITIDIERI (1995) e GUIMARÃES (2001).

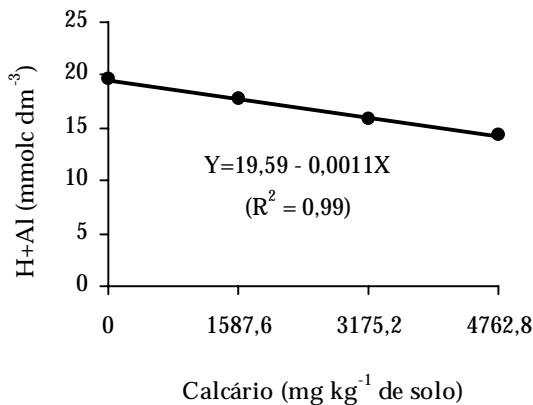


Figura 6. Variação da acidez potencial ($H + Al$) durante o período de incubação do solo

Avaliando os dados referentes à soma de bases trocáveis, verificou-se efeito significativo ($P < 0,05$) das doses de calcário em todos os períodos de coleta. Os resultados desse efeito, foram representados por equações de primeiro grau em todos os casos (Quadro 2). Mais uma vez, observa-se a eficácia do calcário na redução do pH e elevação das bases trocáveis do solo.

Quadro 2. Equações de regressão referentes à soma de bases, variando dentro dos dias de coleta, em função das doses de solo

Dias de coleta	Equações	R ²
5	$Y = 11,61 + 0,0028X$	0,90
10	$Y = 11,19 + 0,0023X$	0,95
15	$Y = 12,98 + 0,0024X$	0,96
20	$Y = 12,85 + 0,0025X$	0,93
25	$Y = 14,23 + 0,0014X$	0,99
30	$Y = 14,23 + 0,0027X$	0,94

A capacidade de troca catiônica foi significativamente ($P < 0,05$) influenciada pela aplicação de calcário. O resultado foi representado por uma equação de primeiro grau (Figura 7). Pelo comportamento da reta, observa-se que à medida que se aumentam as doses de calcário, eleva-se a CTC do solo.

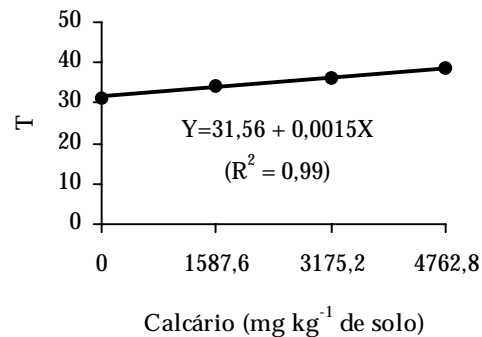


Figura 7. Variação da capacidade de troca catiônica (T), em função das doses de calcário

A saturação por bases (V%) sofreu influência ($P < 0,05$) das doses de calcário e dos períodos de coleta. No estudo das doses de calcário dentro do 5º dia de coleta notou-se um comportamento quadrático. Nos demais períodos o comportamento foi linear (Figura 8).

O comportamento da composição química do solo em todas as características discutidas, com exceção do fósforo, foram semelhantes com variações em apenas algumas variáveis, aos encontrados por SANZONOWICZ e VARGAS (1980), MONTEIRO *et al.*, (1983), PREMAZZI (1991), MITIDIERI (1995).

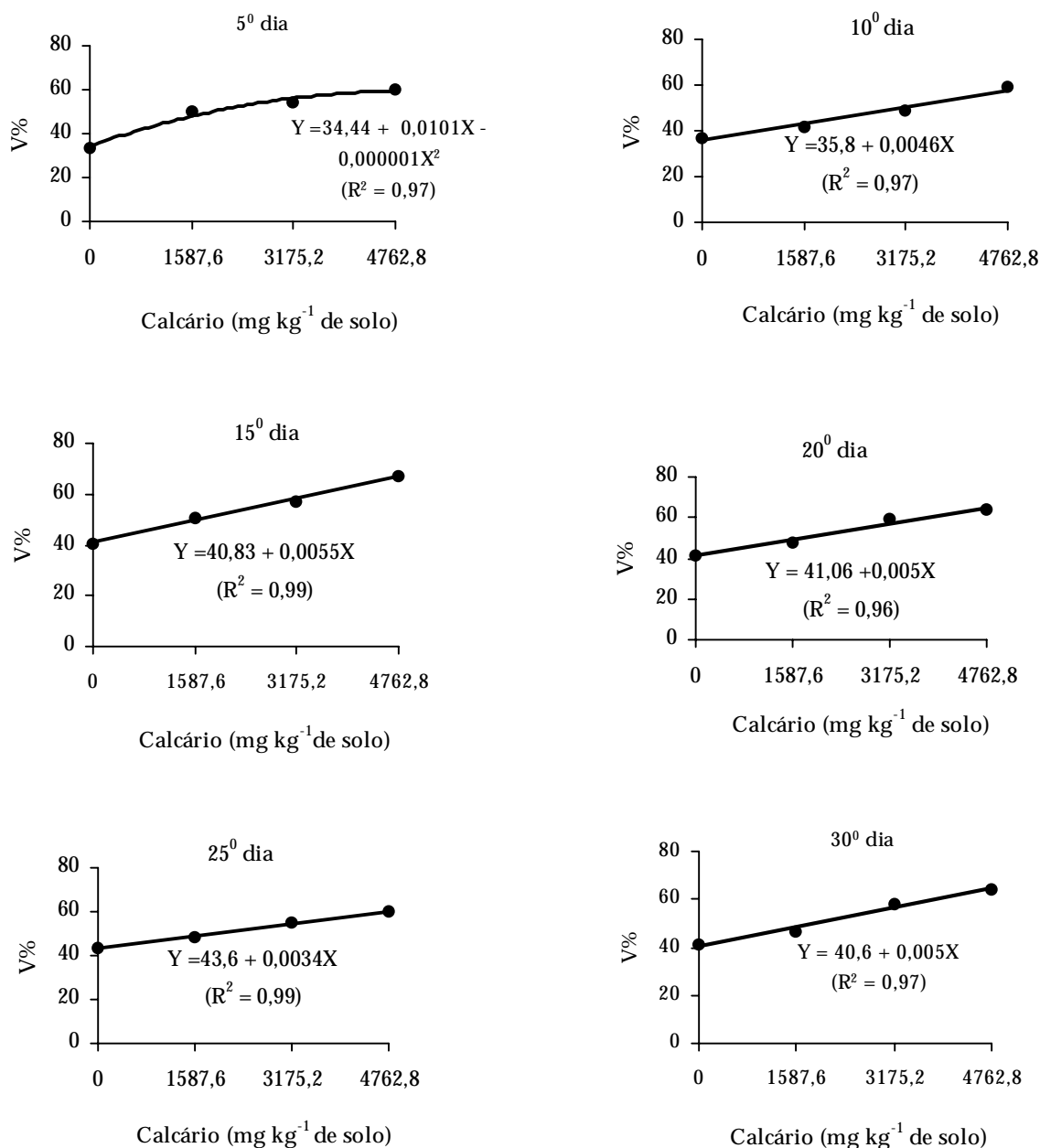


Figura 8. Variação da saturação por bases, em função das doses de calcário dentro de cada dia de coleta

O comportamento da composição química do solo em todas as características discutidas, com exceção do fósforo, foram semelhantes com variações em apenas algumas variáveis, aos encontrados por SANZONOWICZ e VARGAS (1980), MONTEIRO *et al.*, (1983), PREMAZZI (1991), MITIDIERI (1995).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, permitem inferir que: as doses de calcário testadas influenciaram positivamente em todas as variáveis analisadas, com exceção do fósforo. Porém, existe a necessidade de mais trabalhos, principalmente, em condições de campo que avaliem os efeitos da calagem a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L.; FREIRE, L.R. Manual de adubação para o Rio de Janeiro. Itaguaí: Ed. UFRRJ, 1988. 179 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos., 1999. 171 p.
- FAO, 1999. Site: <http://www.fao.org>.
- GUIMARÃES, G.F.P.B. Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da ilha de Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 2001. 197 f. (Dissertação de Mestrado).
- LOPES, A. Solos "sob condições de cerrados": características, propriedades e manejo. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- MITIDIERI, F. J. Níveis de calcário em cinco gramíneas forrageiras cultivadas em solo de cerrado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1995. 156 f. (Dissertação de Mestrado)
- MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de nutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. 1. Soja-perene Tinaroo e Siratro cultivado em vasos. B. Industr. Anim., Nova Odessa, v. 40, n. 1, 1983.
- PREMAZZI, L. M. Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1991. 215 f. (Dissertação de Mestrado)
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142 p.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. et al. Análise química de solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p.
- SANZONOWICZ, C.; VARGAS, A.A.T. Efeito do calcário e do potássio na produção e na composição química do *Stylosanthes guianensis* em um Latossolo Vermelho Escuro de cerrado. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, v. 4, p.165-169, 1980
- SAS INSTITUTE. The SAS- system for windows: release 6.11 (software). Cary: 1996.
- VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Calagem e uso de gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 10., Jaboticabal, 1997. Anais... Jaboticabal: UNESP/ FCAJ, 1997. p.63-111.
- WERNER, J.C; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. et al. Forrageiras. In: VAN RAIJ.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). Recomendações e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.261-273.