

# EFEITO RESIDUAL DE CALAGEM E MICRONUTRIENTES EM LATOSSOLO AMARELO SOB ROTAÇÃO DE CULTURAS.

Sônia Sena ALFAIA<sup>1</sup>, Takashi MURAOKA<sup>2</sup>

**RESUMO** — O ensaio de campo foi conduzido por um período de três anos, num Latossolo Amarelo da Amazônia Central cultivado com soja (1985), arroz (1986), caupi (1987) e caupi (1988), em rotação, visando estudar o efeito residual da calagem e interação com micronutrientes. Os tratamentos foram 0, 2, 3 e 5 t/ha de calcário calcítico e 2, 3 e 5 t/ha de calcário calcítico + micronutrientes (5 kg/ha Cu; 7,5 kg/ha Mn; 0,5 kg/ha Mo; 4,5 kg/ha Zn; 2,0 kg/ha B). Não houve acréscimo significativo na produção de soja e arroz com doses crescentes de calcário: soja variou de 260 a 732 kg/ha e arroz de 557 a 919 kg/ha. No entanto, com calcário + micronutrientes foram obtidos aumentos significativos de produção com relação aos tratamentos só com calagem e à testemunha: soja variou de 1986 a 2357 kg/ha e arroz de 1471 a 2133 kg/ha. No terceiro ano (caupi) ainda houve uma pequena resposta à aplicação de micronutrientes, enquanto que no quarto ano de cultivo a produção do caupi foi bem menor que a do ano anterior e não houve resposta aos tratamentos estudados. A análise do solo nos dois primeiros anos de cultivo mostrou que a maioria dos micronutrientes analisados encontravam-se acima dos níveis críticos; somente o Cu e o Mn apresentaram baixos teores, principalmente nos tratamentos só com calagem. As produções dos dois primeiros cultivos apresentaram alta correlação positiva com os teores de Cu e Mn no solo. É possível que nos dois primeiros cultivos a calagem tenha induzido deficiências de Cu e Mn nos tratamentos sem micronutrientes.

**Palavras-chave:** calagem, micronutrientes, rotação de culturas, latossolo amarelo.

## Residual Effect of Lime and Micronutrients on an Oxisol under Crop Rotation.

**ABSTRACT** — An experiment was conducted during three years on a Central Amazonian Oxisol under a rotation of soybean (1985), rice (1986), cowpea (1987) and cowpea (1988) to evaluate the residual effect of lime and its interaction with micronutrients. The treatments were 0, 2, 3 and 5 t/ha of lime, and 2, 3 and 5 t/ha of lime plus micronutrients (5 kg/ha Cu; 7,5 kg/ha Mn; 0,5 kg/ha Mo; 4,5 kg/ha Zn; 2,0 kg/ha B). During the first two years, the lime application did not affect the soybean (260 to 732 kg/ha) and rice (557 to 919 kg/ha) grain yields, but significant increases in yield were obtained with lime and micronutrients (soja: 1986 to 2357 kg/ha; rice: 1471 to 2133 kg/ha). In the third year, cowpea crop presented a small response to micronutrients, while the last cowpea crop did not present response to the treatments and grain yield was smaller than in the third year. Soil analyses in the first and second crop showed all nutrient concentrations above critical levels, except Cu and Mn whose concentrations were low in the soil. Yields of soybean and rice presented a high positive correlation with Cu and Mn concentration in the soil. It is possible that the lime reduced Cu and Mn availability in the first and second years in the treatments without micronutrients.

**Key words:** lime, micronutrients, crop rotation, Oxisol.

## INTRODUÇÃO

Aumentos de produção, após a calagem, têm sido demonstrados por inúmeros trabalhos de pesquisa (FERRARI *et al.*, 1976; LOPES, 1983; QUAGGIO *et al.*, 1985; GALLO *et al.*, 1986; SMYTH *et al.*, 1987). No entanto,

a prática de se fazer calagem nos solos de zona temperada até alcançar sua neutralidade, não tem o mesmo efeito para a maioria dos solos ácidos e altamente intemperizados dos trópicos úmidos. Os solos da Amazônia caracterizam-se por alta saturação de alumínio e baixos níveis de cálcio e magnésio, que limitam a

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Cx. Postal 478, 69.011-970 Manaus, Am, Brasil.

<sup>2</sup> Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA. Cx. Postal 96, 13.400-000 Piracicaba, SP, Brasil.

produtividade. Os poucos trabalhos conduzidos na região têm mostrado em alguns cultivos anuais, ausência de resposta à calagem com a aplicação de doses acima de 2 t/ha de  $\text{CaCO}_3$  (VILLACHICA & SANCHEZ, 1976; SMYTH *et al.*, 1987). Um dos problemas que poderiam estar afetando a resposta dos solos desta região à calagem pode estar relacionado com um desbalanço nutricional, principalmente de micronutrientes, conforme foi observado por ALFAIA *et al.* (1988). A aplicação de calcário nesses solos deve ser muito bem dosada, visto que altas doses podem promover desperdício do calcário e diminuir a disponibilidade de alguns micronutrientes tais como Zn, B, Cu e Mn nos solos (CARVALHO & MEURER, 1980; QUAGGIO & RAMOS, 1986; DYNIA & BARBOSA FILHO, 1993; TANAKA *et al.*, 1993; ORLANDO FILHO *et al.*, 1994).

Existem poucas informações sobre o efeito residual de calagem e micronutrientes nos solos da Amazônia em condições de campo. Este trabalho é uma continuação do iniciado por ALFAIA *et al.* (1988) e teve como objetivo avaliar o efeito residual de calagem e micronutrientes e as interações entre estes, num Latossolo Amarelo cultivado com rotação de culturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado num Latossolo Amarelo textura muito argilosa, na Fundação de Apoio ao Distrito Agropecuário-FUCADA da SUFRAMA, situada no km 45 da rodovia Manaus-Boa Vista, durante o período de abril de 1985 a abril de 1988.

Foram feitos quatro cultivos, sendo o primeiro com soja (maio/1985), o segundo com arroz (janeiro de 1986) e os dois últimos com feijão caupi (fevereiro/1987 e fevereiro/1988). Após o desmatamento e queima da vegetação, o solo apresentava as seguintes características químicas: pH em água 4,5;  $\text{Al}^{3+}$  1,1 cmol/kg;  $\text{Ca}^{2+}$  0,98 cmol/kg;  $\text{Mg}^{2+}$  0,39 cmol/kg; K<sup>+</sup> 0,16 cmol/kg;  $\text{PO}_4^{3-}$  0,090 cmol/kg; N total 2.050 mg kg<sup>-1</sup> e matéria orgânica 4,8%. O delineamento foi de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições. Cada parcela teve uma área equivalente a 21 m<sup>2</sup>. O plantio foi feito em linhas espaçadas de 0,5 m. Os tratamentos constaram da aplicação de 0, 2, 3, e 5 t/ha  $\text{CaCO}_3$  e de 0, 2, 3, e 5 t/ha  $\text{CaCO}_3$  + micronutrientes - 5 kg/ha de Cu, 7,5 kg/ha de Mn, 0,5 kg/ha de Mo, 4,5 kg/ha de Zn e 2,0 kg/ha de B.

Um mês antes do primeiro cultivo (soja) foi incorporado o calcário, com 30% de CaO e 3,9% de MgO, com PRNT 100%, a uma profundidade de 15 cm. Todas as parcelas receberam uma adubação complementar com 150 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (superfosfato triplo) e 60 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$  (cloreto de potássio). Os micronutrientes foram aplicados na ocasião do primeiro plantio na forma de sulfato de cobre, sulfato de manganês, molibdato de amônio, sulfato de zinco e borax. No segundo cultivo (arroz) foram aplicados 30 kg de N/ha (uréia), 50 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (superfosfato triplo) e 40 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$  (cloreto de potássio), em todas as parcelas. O terceiro e quarto cultivos não receberam adubação complementar.

Foram realizadas três amostragens do solo na camada de 0-20 cm: a primeira um mês após a calagem, a

segunda e terceira com treze e trinta meses, respectivamente, após a incorporação do calcário. O pH foi determinado em água (1:2,5). Alumínio, cálcio e magnésio foram determinados através de extração com KCl 1N e os micronutrientes através de solução extratora de DTPA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resposta das culturas à calagem e micronutrientes

Os resultados de produção de grãos obtidos nos quatro cultivos são apresentados na Figura 1. A produção obtida no primeiro plantio com a aplicação de calcário sem micronutrientes não diferiu estatisticamente da produção da testemunha sem calagem e sem micronutrientes. No entanto, quando se adicionou calagem +

micronutrientes, obteve-se diferença significativa de produção com relação aos tratamentos calagem sem micronutrientes e testemunha. A produção de arroz apresentou um comportamento semelhante à de soja, no entanto com uma resposta menos acentuada. Observaram-se em relação a testemunha, aumentos de produção da ordem de 60 a 130% com a aplicação de calcário mais micronutrientes. No terceiro ano de cultivo, ainda foi observado uma pequena resposta na produção de caupi no tratamento com 3 t/ha de  $\text{CaCO}_3$  mais micronutrientes. Apesar de existir aumento de produção nos demais tratamentos estes não foram significativamente diferente da testemunha. Já no quarto cultivo a produção do caupi foi bem menor que a do ano anterior e não houve resposta aos tratamentos estudados.

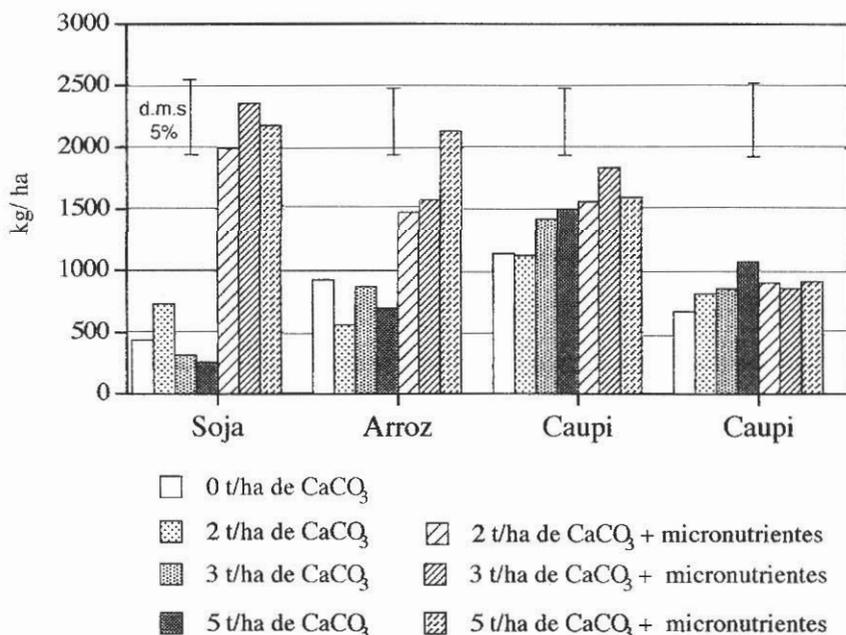


Figura 1. Efeito residual da calagem e micronutrientes sobre a produção de soja, arroz e caupi, plantados em sucessão.

Nesse trabalho a resposta à aplicação de calagem com micronutrientes foi evidente nos dois primeiros cultivos. Esses resultados seguem a mesma tendência dos resultados obtidos por VILLACHICA & SANCHEZ (1976) numa rotação de soja, arroz e milho na Amazônia Peruana, onde foi observado que após a calagem, os elementos que mais limitaram a produção da soja foram os micronutrientes. As produções de soja obtidas nos tratamentos com aplicação de micronutrientes na ausência de calagem (420 kg/ha), e calagem na ausência de micronutrientes (590 kg/ha) não causaram aumentos significativos na produção da soja em relação à testemunha (150 kg/ha); no entanto, no tratamento com a aplicação de calcário e micronutrientes, o incremento na produção foi de 2.230 kg/ha. Com relação ao estudo sobre o efeito residual da calagem, os referidos autores também obtiveram resposta da aplicação de micronutriente no cultivo subsequente de arroz, com a diferença de produção entre os tratamentos com calagem e micronutrientes e, calagem

sem micronutrientes, sendo de 984 kg/ha.

Como os micronutrientes foram aplicados em conjunto, torna-se difícil identificar qual o mais limitante para as culturas estudadas. Os dados do Tabela 1 mostram que nas duas primeiras amostragens, todos os micronutrientes analisados encontravam-se acima do nível crítico, com excessão do cobre (VIETS & LINDSAY, 1985). Na segunda amostragem houve um decréscimo progressivo do teor de Cu e Mn no solo, principalmente nos tratamentos só com calagem. Nesse período, as produções dos dois primeiros cultivos apresentaram alta correlações com os teores de Cu e Mn no solo (Fig. 2). As pesquisas em área cultivada na Amazônia Central durante quatro anos mostraram que o Cu e Mn poderiam ser limitantes às produções das culturas em cultivos subseqüentes. (EMBRAPA, 1984). Segundo SMYTH *et al.* (1987), a redução da produção de caupi e soja com a aplicação de 6 t/ha de calcário foi relacionada com uma diminuição do

**Tabela 1.** Teor de micronutrientes no solo na camada de 0-20 cm, durante os três períodos de amostragem.

CaCO t/ha	1 mês				13 meses				30 meses			
	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	Fe
	----- ppm -----											
0	39	0,35	4,3	133	11,2	0,08	1,18	66,2	0,98	0,13	1,05	70,40
2	91	0,24	3,1	102	6,8	0,06	1,00	36,8	0,45	0,08	0,56	57,33
3	40	0,28	6,8	129	11,2	0,08	1,08	49,6	1,65	0,14	1,00	83,20
5	46	0,38	4,7	104	10,2	0,06	1,34	33,8	1,05	0,10	0,77	62,53
2 + Micro	39	0,37	2,8	149	9,8	0,18	1,70	47,4	0,68	0,07	0,79	54,58
3 + Micro	186	0,50	4,6	119	11,2	0,30	2,26	48,8	1,90	0,21	1,17	74,50
5 + Micro	124	0,19	4,1	92	8,4	0,36	2,50	41,4	0,90	0,17	0,84	48,50

teor de Mn na folha. ALFAIA *et al.* (1988) também mostraram que a calagem provocou decréscimo nos teores de Zn e Mn nas folhas de soja, sendo que o mesmo não ocorreu quando a calagem foi acompanhada de micronutrientes. Em áreas recém-queimadas da Amazônia Peruana, o Cu parece ter sido o micronutriente mais limitante para a cultura da soja (VILLACHICA & SANCHEZ, 1978).

As observações realizadas no presente trabalho mostram que

possivelmente nos dois primeiros cultivos a calagem tenha induzido deficiências de cobre e manganês, as quais podem ter sido atenuadas com a diminuição do efeito residual nos terceiro e quarto cultivos. Segundo CAMARGO (1991), os micronutrientes aplicados ao solo são retidos pelos diversos componentes orgânicos e inorgânicos através de adsorção iônica ou molecular ou por precipitação em formas pouco solúveis. Embora os mecanismos de retenção não sejam totalmente conhecidos, certas

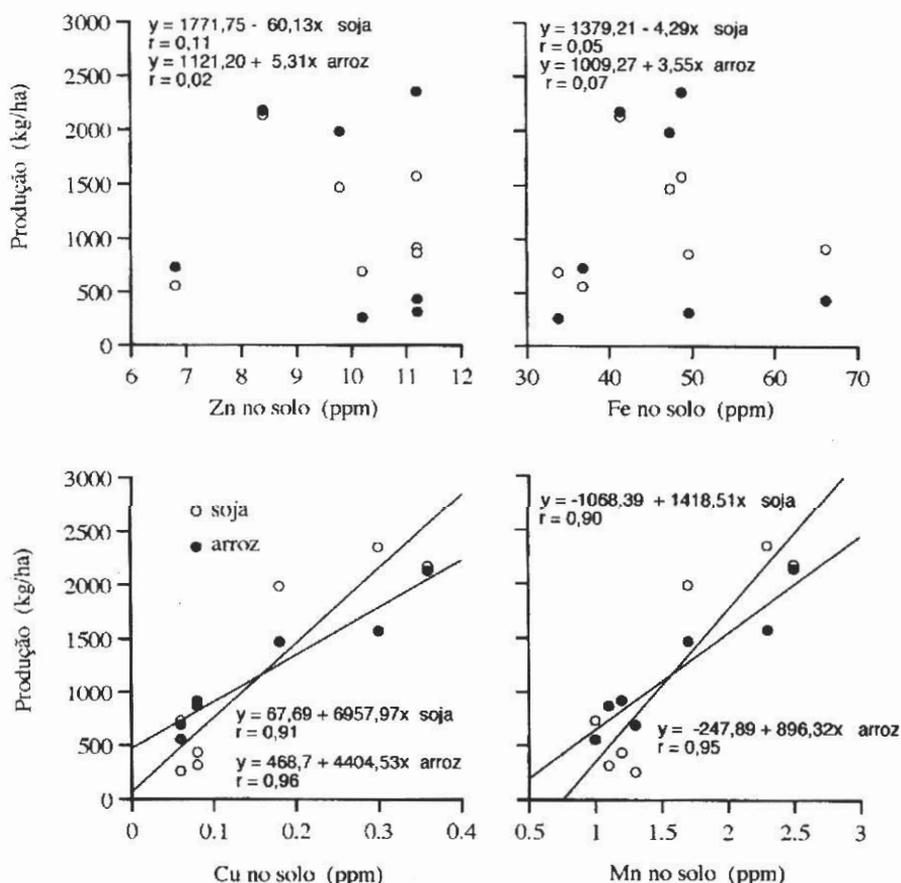


Figura 1. Relação entre a produção de soja e arroz e os teores de micronutrientes no solo.

generalizações sobre a influência de determinados fatores podem ser feitas. Normalmente, a solubilidades dos micronutrientes catiônicos (Cu, Mn, Zn e Fe), aumenta com a diminuição do pH do solo. Os efeitos de altas dose de calcário na diminuição da disponibilidade desses micronutrientes nos solos são bem conhecidos na literatura (CARVALHO & MEURER, 1980; CAMARGO *et al.*, 1982; QUAGGIO & RAMOS, 1986; DYNIA & BARBOSA FILHO, 1993; TANAKA *et al.*, 1993; ORLANDO FILHO *et al.*, 1994).

Pode-se considerar ainda que a menor resposta ao efeito residual da calagem nos dois últimos cultivos também pode estar relacionada com uma maior adaptação do feijão caupi aos solos de baixa fertilidade que a soja e o arroz. SMYTH & CRAVO (1992) também encontraram ausência de resposta do caupi à calagem num Latossolo Amarelo após três anos de cultivo contínuo. Segundo os referidos autores esse resultado é consistente com outros estudos que têm mostrado que o caupi é uma planta que apresenta grande tolerância ao alumínio. Durante os três anos de cultivo foi observado um decréscimo contínuo nos teores de nutrientes do solo (Tab. 1, Fig. 3), que resultaram numa produção muito baixa do caupi no último ano de cultivo.

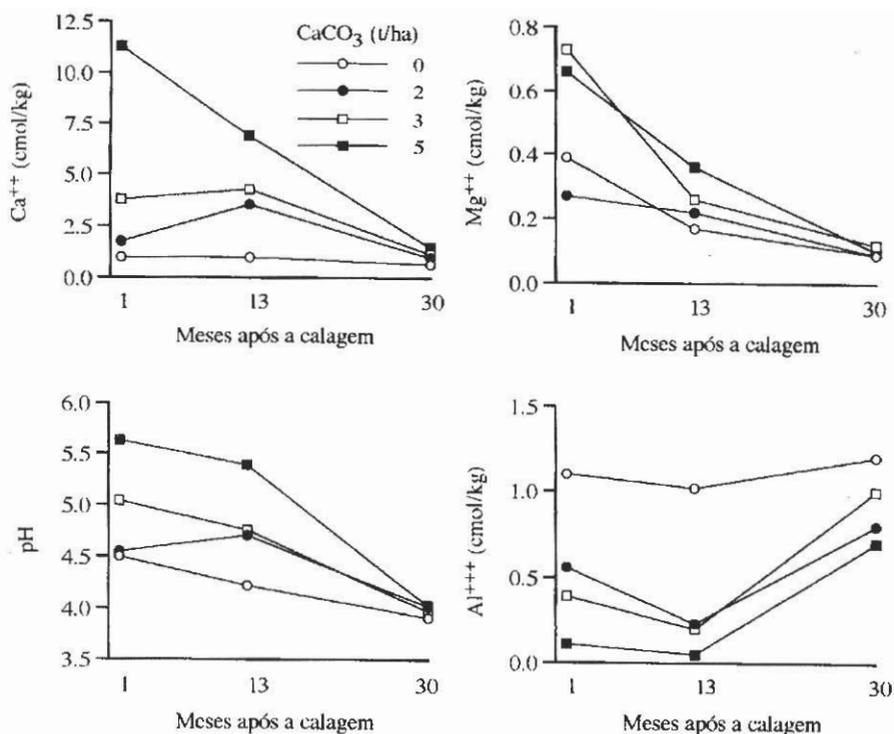
#### **Variações em algumas características químicas do solo devidas à calagem**

A aplicação de doses mais elevadas de calcário promoveu um aumento considerável no teor de Ca trocável (Fig. 3). No primeiro mês

após a calagem, o teor de Ca na dose de 5 t/ha alcançou valor bastante alto, o qual decresceu acentuadamente nas determinações efetuadas aos treze e trinta meses, enquanto que nas doses de 2 e 3 t/ha, os teores de Ca no solo apresentaram um pequeno aumento até aos treze meses após a calagem, decrescendo gradualmente a partir daí. Altas doses de calcário também resultaram em teores mais elevados de Mg trocável, apresentando um decréscimo progressivo com o passar do tempo.

A figura 3 mostra ainda que a aplicação de altas doses de calcário resultou em aumentos do pH do solo, alcançando um valor máximo de 5,63 com a dose de 5t/ha, decrescendo gradualmente ao longo do tempo. Nos tratamentos com altas doses de calcário ocorreu uma redução bastante acentuada do Al trocável, um mês após a calagem, baixando de 1,1 para 0,1, 0,39 e 0,56 nas doses de 5, 3 e 2 t/ha, respectivamente. Nos tratamentos com calagem, os teores de Al trocável no solo decresceram até os treze meses após à aplicação do corretivo, aumentando gradualmente a partir desse período até atingir no final de 30 meses 0,8, 1,0 e 0,7 meq/100g com as doses de 2, 3 e 5t/ha, respectivamente.

A figura 3 mostra, finalmente, que após os 30 meses, há uma estabilização do Ca, Mg, Al e pH de todos os tratamentos, indicando que o efeito da calagem e de micronutrientes desapareceu totalmente. Observa-se que os valores de Ca, Mg e pH nesse período são semelhantes à testemunha. Além da remoção pelas culturas a lixiviação de Ca e Mg parece ser a principal causa da redução desses nutrientes no solo.



**Figura 3.** Efeito de doses de calcário nos valores de cálcio, magnésio e pH num Latossolo Amarelo, cultivado com uma rotação de culturas.

Resultando conseqüentemente num aumento do teor de Al trocável e diminuição do pH. CRAVO & SMYTH (1987), observaram 12 meses após a calagem, um incremento no teor de Ca nas camadas mais profundas de um latossolo da Amazônia Central, coincidindo com a redução de Ca na camada de 0-20cm.

### CONCLUSÕES

Nos dois primeiros cultivos não houve acréscimo de produção apenas com a aplicação de doses crescentes de calcário. No entanto, quando se aplicou calcário mais micronutrientes obteve-se aumentos significativos na produção da soja e arroz.

As produções dos dois primeiros cultivos apresentaram alta correlações com os teores de Cu ( $r = 0,91$  e  $0,96$  para soja e arroz, respectivamente) e manganês ( $r = 0,90$  e  $0,95$  para soja e arroz, respectivamente) no solo.

A calagem manteve até os treze meses, alto nível de pH e cálcio e, baixo teores de alumínio trocável no solo.

Durante os três anos de cultivo foi observado um decréscimo contínuo nos teores de nutrientes do solo que resultaram numa produção muito baixa do caupi no último ano de cultivo, indicando que o efeito da calagem e de micronutrientes desapareceu totalmente.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALFAIA, S. S.; MAGALHÃES, F. M. M. ; YUYAMA, K.; MURAOKA, T. 1988. Efeito da aplicação de calagem e micronutrientes na cultura da soja em Latossolo Amarelo. *Acta Amazonica* 18(3-4) : 13-25.
- CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; DECHEN, A.R. 1982. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *R. bras. Ci. Solo*, 6(1):83-88.
- CAMARGO, O.A. 1991. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: M.E. FERREIRA; M.C.P. da CRUZ (eds). *Micronutrientes na Agricultura*, Potafos/ CNPq, Piracicaba, p243-272.
- CARVALHO, T. A. A.; MEURER, E. J. 1980. Aplicação de calcário a lanço e em linhas para o cultivo da soja. *R. bras. Ci. Solo*, 4(2):170-173.
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. 1987. Lime requirements and downward movement of Ca and Mg. In: N. CAUDLE; C. B. McCANTS (eds). *TropSoils technical report 1985-1986*. North Carolina State University, Raleigh, p102-106.
- DYNIA, J. F.; BARBOSA FILHO, M. P. 1993. Alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz irrigado em um solo de várzea tratado com calcário e palha de arroz em casa de vegetação. *R. bras. Ci. Solo*, 17(1):67-74.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 1984. *Relatório Técnico Biental da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus* (1982-1983). Manaus, Embrapa. 339 p.
- FERRARI, R. A. A.; BRAGA, J. M.; SEDIYAMA, C. S.; OLIVEIRA, L. M. 1976. Resposta do cultivar "Santa Rosa" à aplicação de P, K e calcário em Latossolos do Triângulo Mineiro: I - Produção e características Agronômicas. *Revista Ceres*, 23(125):11-20.
- GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; QUAGGIO, J. A.; BATAGLIA, O. C. 1986. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. *R. bras. Ci. Solo*, 10(3):253-258.
- LOPES, A. S. 1983. Calagem em solos sob cerrado. In: B. van RAIJ, O. C. BATAGLIA; N. M. da SILVA (eds). *Acidez e calagem no Brasil*. XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, SBCS, Campinas, p49-61.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. 1985. *Desordens nutricionais no Cerrado*. Piracicaba, Instituto da Potassa, 136p.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; MURAOKA, T. 1991. Efeito residual de materiais corretivos após 56 meses de aplicação em cana-de-açúcar sobre os teores de Cu, Fe, Mn, Zn e valores de pH do solo. *Anais da XXI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*. SBCS/ EMBRAPA, Petrolina, p74-75.
- QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V. J. 1986. Resposta da batatinha à calagem e boro. *R. bras. Ci. Solo*, 10(3):247-251.
- QUAGGIO, J. A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L. A.; BATAGLIA, O. C. 1985. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). *R. bras. Ci. Solo*, 10(3):255-261.
- SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; BASTOS, J. B. 1987. Soil nutrient dynamics and fertility management for sustained crop production on LAS in the Brazilian Amazon. In: N. CAUDLE; C. B. McCANTS (eds). *TropSoils technical report 1985-1986*. North Carolina State University, Raleigh, p88-94.
- SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S. 1992. Aluminium and calcium to continuous crop production in a Brazilian Amazon Oxisol. *Agron. J.* 84:843-850.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A. 1993. *Manganese deficiency in soybeans induced by excess lime*. Better Crops International, Potash & Phosphate Institute, Nacross, 7p.

- VIETS, F. G.; LINDSAY, W. L. 1973. Testing soil for zinc, copper, manganese and iron. In: L.M WALSH; J.D. BEATON (eds.). *Soil testing and plant analysis*. Soil Science Society of America, Madison, p153-172.
- VILLACHICA, H.; SANCHEZ, P. A. 1976. Secondary and micronutrient studies. *Agronomic-economic research on tropical soils. Annual Report for 1975*. North Carolina State University, Raleigh, p183-192.
- VILLACHICA, H.; SANCHEZ, P. A. 1978. Micronutrient Research. *Research Program on soil of the tropics. Annual Report for 1976-1977*. North Carolina State University, Raleigh, p50-63

Aceito para publicação em 21.05.97