



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Natale, William; Mello Prado, Renato de; Rozane, Danilo Eduardo; Romualdo, Liliane Maria
EFEITOS DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DA
GOIABEIRA

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 6, 2007, pp. 1475-1485

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214061024>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

EFEITOS DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DA GOIABEIRA⁽¹⁾

William Natale⁽²⁾, Renato de Mello Prado⁽³⁾, Danilo Eduardo Rozane⁽⁴⁾ & Liliane Maria Romualdo⁽⁴⁾

RESUMO

A acidez do solo é um dos mais importantes fatores que limitam a produção em regiões tropicais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira (*Psidium guajava* L.). O experimento foi realizado na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro, São Paulo, em um Latossolo Vermelho distrófico (V = 26 % na camada de 0–20 cm), no período de agosto/1999 a julho/2006. As doses de calcário empregadas foram: 0; 1,85; 3,71; 5,56 e 7,41 t ha⁻¹. Durante 78 meses após aplicação do corretivo foram realizadas análises químicas de solo. Foi feita avaliação do estado nutricional e da produtividade durante cinco safras agrícolas. A calagem promoveu alteração nos atributos químicos do solo ligados à acidez, elevando o pH, Ca, Mg, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) e diminuindo H + Al, até 60 cm. Os teores foliares de Ca e Mg aumentaram com as doses de calcário. As maiores produções acumuladas de frutos estiveram associadas a um valor de V de 50 % na linha e 65 % na entrelinha das goiabeiras.

Termos de indexação: *Psidium guajava*, acidez do solo, calcário, nutrição mineral.

SUMMARY: *EFFECTS OF LIMING ON SOIL FERTILITY, PLANT NUTRITION AND GUAVA YIELD*

Soil acidity is one of the most important constraints to agricultural production in the tropics. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effects of soil liming on the performance of guava (Psidium guajava L.) trees. The experiment took place

⁽¹⁾ Recebido para publicação em março de 2007 e aprovado em julho de 2007.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP, Rod. P.

at the Citrus Experimental Station in Bebedouro, state of São Paulo, Brazil. The soil was a Typic Haplustox ($V = 26\%$ in the 0 to 20 cm layer) between August 1999 and July 2006. The following doses of limestone were employed: 0, 1.85, 3.71, 5.56, and 7.41 t ha⁻¹. During the 78 months after starting the experiment, soil chemical attributes were periodically examined. Over a period of five years, the guava tree leaves were analyzed for micro- and macronutrients and the fruit yield was determined. Liming improved the evaluated soil chemical attributes: pH, calcium (Ca), magnesium (Mg), BS, V, and hydrogen and aluminum (H + Al) down to a depth of 60 cm of samples taken from both in and between tree rows. The Ca and Mg levels increased in the leaves also. The highest fruit yields were observed when soil base saturation reached 50 % in the rows and 65 % between rows.

Index terms: Psidium guajava L., soil acidity, lime, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

A goiaba é a mais brasileira das frutas tropicais, apesar de não haver consenso entre os pesquisadores sobre a localização exata de seu centro de origem na América Tropical. É apreciada pelo seu aroma e sabor característicos, além do alto valor alimentício, sendo uma das frutas mais consumidas no Brasil.

A expansão dos pomares de goiabeira tem ocorrido em todo o País, seja pela sua adaptabilidade a várias condições edafoclimáticas, seja pela dupla aptidão dos frutos, que podem ser consumidos *in natura* ou industrializados, agregando valor na fabricação de vários produtos.

Segundo Rey (1987), a reputação de rusticidade implica que normalmente sejam reservadas as áreas marginais das regiões para o plantio de goiabeiras. Apesar disso, informações da literatura indicam alta resposta dessa frutífera à melhoria da fertilidade do solo (Natale, 1993, 1999). Isso se deve, de um lado, à pobreza generalizada dos solos tropicais em nutrientes e à elevada acidez e, de outro, ao melhoramento genético da goiabeira, com o desenvolvimento de plantas mais produtivas, porém mais exigentes em termos nutricionais.

Dentre os fatores ambientais do solo, os ligados à acidez (pH, saturação por bases, acidez potencial e disponibilidade de nutrientes) são os que mais interferem na produtividade, especialmente nas regiões tropicais (Sanchez & Salinas, 1983).

A aplicação de corretivos em culturas anuais, com incorporação homogênea ao solo, é técnica conhecida e tem sido usada pelos agricultores normalmente, ainda que sem a regularidade devida. Entretanto, em culturas perenes, a incorporação de corretivos é mais complexa, devido às características intrínsecas dessas culturas e à falta de informações técnicas (Quaggio, 1986), como acontece, normalmente, na maioria dos pomares do Estado de São Paulo.

radicular, em especial com respeito à acidez, merecem a máxima atenção. Apesar da indiscutível importância para a maioria das culturas (Quaggio, 1986), são escassas as informações sobre a prática da calagem na fase de implantação dos pomares de goiabeira. Há consenso, porém, de que essa é a principal via de melhoria do ambiente radicular para as raízes, não só para se desenvolver e de que seu pleno estabelecimento tem relação direta com as condições inerentes à fertilidade do solo.

Em condições de acidez, a calagem promove a neutralização do Al³⁺, a elevação do pH e o fornecimento de Ca e Mg, possibilitando a proliferação e o desenvolvimento com reflexos positivos no crescimento das plantas. Contudo, devido à baixa solubilidade e à lenta movimentação do calcário ao longo do perfil do solo, há obrigatoriedade de se fazer a aplicação uniforme e incorporação profunda, antes da implantação do pomar (Quaggio, 2000). Isso requer maior contato entre o corretivo e as fontes de nutrientes, resultando num efeito adequado da prática da calagem, o que deve garantir o eficiente aproveitamento e de nutrientes contidos nessas camadas (Dutra & Vitti, 1992).

Do ponto de vista financeiro, alguns fatores agrícolas fazem parte do custo de produção, como fertilizantes, herbicidas e defensivos. Outros, como o calcário, devem ser considerados um investimento, visto que os benefícios da calagem perduram por mais de um ano, ou de uma safra agrícola. Isso se deve ao efeito residual dos corretivos de acidez do solo, cujo tempo de duração desse efeito depende de vários fatores (Quaggio, 2000), entre os quais: condições edafoclimáticas, cultura, manejo da área, tipo de corretivo empregado. Com relação ao calcário, pode-se afirmar que, quanto maior a granulometria, maior o limite da peneira ABNT n.10 – partículas menores que 2 mm), maior seu efeito residual, valendo o inverso. Isso porque a ação do calcário depende do contato com o solo. Assim, quanto menor a granulometria (para um mesmo calcário), maior o contato com o solo.

do solo. As práticas agrícolas convencionais, que mobilizam anualmente o solo, favorecem as reações de correção da acidez, diminuindo porém o efeito residual. Em situações em que isso não ocorre, como no caso dos pomares de plantas perenes, como as frutíferas utilizadas neste experimento, há total dependência da aplicação inicial do corretivo, no momento de implantação da cultura, visto que incorporações após instalação do pomar podem trazer graves prejuízos ao crescimento e desenvolvimento das plantas, devido aos danos – especialmente ao sistema radicular. Entretanto, estabelecer qual o efeito residual do calcário aplicado na instalação de um pomar de goiabeiras, ou seja, por quanto tempo durarão os benefícios da calagem inicial, é assunto muito pouco estudado. As principais razões são a necessidade de experimentação de longa duração, de gastos com mão-de-obra e condução dos ensaios e de resultados que necessitam de consolidação para publicação. Esses são, pois, apenas alguns dos aspectos que justificam a quase ausência de experimentação dessa natureza. Entretanto, em situações de elevada acidez é imperativa a realização da calagem, e informações concernentes ao efeito residual são vitais para o bom manejo das culturas de alto rendimento, para utilização do insumo mais adequado e para realização do investimento financeiro com segurança.

Além disso, o uso constante de fertilizantes que acidificam o solo, sobretudo os nitrogenados, pode agravar o problema, considerando que em pomares de frutíferas com alta produção as doses de adubos normalmente são elevadas. Desse modo, conhecer fatores limitantes à produção de goiabas permite a adoção de programas de calagem e adubação com resultados favoráveis ao aumento da produtividade e, conseqüentemente, do lucro do fruticultor.

Tendo em vista o exposto, fica evidente a importância da correção da acidez do solo e a carência de pesquisas sobre o assunto. Assim, o presente trabalho buscou acompanhar os efeitos da calagem na implantação de um pomar de goiabeiras e seus reflexos na fertilidade do solo, na nutrição e produtividade das plantas, bem como avaliar a duração do efeito residual da aplicação inicial do corretivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Experimental de Citricultura de Bebedouro, município de Bebedouro-SP, num Latossolo distrófico típico (Embrapa, 1999). As análises químicas do solo foram realizadas em maio/1999, antes da aplicação dos tratamentos (Quadro 1).

Foi utilizado o delineamento experimental casualizados, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por doses crescentes de calcário dolomítico, com 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹, correspondendo a 0, 100 %. As doses foram calculadas considerando os resultados médios da análise química das amostras de 0–20 e 20–40 cm (Quadro 1) e, também, a partir de se as doses para incorporação do calcário no solo de 0–30 cm de profundidade. Tomou-se como referência a dose calculada para atingir a saturação por bases (V) igual a 70 % (3,71 t ha⁻¹), recomendada para a goiabeira no Estado de São Paulo (Quaggio, 1996) e, a partir desta, como se D₀ = zero; D₁ = metade da dose; D₂ = dose total; D₃ = duas vezes a dose; e D₄ = duas vezes a dose necessária para elevar V a 70 %, correspondendo a: 0; 1,85; 3,71; 7,41 e 11,12 t ha⁻¹.

O calcário foi aplicado ao solo em julho/1999 e, após quatro meses, foi implantado (dezembro/1999), utilizando-se goiabeiras (Paluma) propagadas a partir de estacas herbáceas.

O calcário foi aplicado manualmente na superfície do terreno, metade antes da incorporação com arado de aivecas e a outra metade após a incorporação com grade aradora, ambos os métodos abrangendo a camada de 0–30 cm.

A adubação básica na cova de plantio consistiu em uma mistura de 180 g de P₂O₅ na forma de superfosfato simples granulado, 20 L de composto orgânico à base de esterco de bovino, além de 1 g de Zn, na forma de ácido bórico e de sulfato de zinco, respectivamente.

Em dezembro de 1999 realizou-se o plantio das mudas no campo, no espaçamento de 7 m entre linhas e 4,2 m entre plantas. As parcelas experimentais foram

Quadro 1. Análise química do solo, em diferentes profundidades, realizada em maio/1999, antes da implantação do experimento

Camada	pH CaCl ₂	MO	P resina	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	SB	T	Al
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³			
0–20	4,7	18	6	1,3	9	4	40	14,3	54,3	8
20–40	4,4	16	3	0,8	6	4	41	10,8	51,8	11

foram compostas por cinco plantas, sendo consideradas as três centrais como árvores úteis para as avaliações e por linhas de bordadura de ambos os lados.

Aos sete meses após o plantio das mudas (julho de 2000), instalou-se o sistema de irrigação por microaspersão, colocando-se um microaspersor por planta, com vazão de 26 L h⁻¹. O manejo da irrigação seguiu a recomendação de Bernardo (2002) para frutíferas em geral, acionando-se o sistema de irrigação quando era consumido de 25 a 40 % da disponibilidade de água no solo avaliado por tensiometria. As precipitações médias anuais para o período de 1999 a 2006 foram, respectivamente, de 1.236; 1.636; 1.157; 1.421; 1.384; 1.191; 1.305; e 1.579 mm.

A adubação durante todo o período experimental seguiu as indicações de Natale et al. (1996), para a cultura da goiabeira, considerando-se a fertilidade do solo, a idade do pomar, as exigências da cultura e a produtividade esperada de frutos. O parcelamento das doses, bem como a localização de aplicação dos fertilizantes, atenderam às recomendações dos mesmos autores, empregando-se como fontes: uréia, sulfato de amônio, superfosfato triplo, MAP e cloreto de potássio, de forma alternada, durante a condução do experimento (1999 a 2006). Além dos fertilizantes químicos, aplicaram-se anualmente 40 L de composto curtido (à base de esterco de bovino), em torno da planta, sob a projeção da copa, entre os meses de julho e agosto.

As podas de formação e produção da goiabeira seguiram as indicações de Piza Júnior (1994). Os tratos culturais para controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram os normalmente empregados na região, observando recomendações de Piza Júnior & Kavati (1994).

As amostragens de solo na entrelinha da goiabeira foram realizadas aos 4, 8, 12, 16, 22, 28, 34, 40, 46, 52, 66 e 78 meses após incorporação do calcário ao solo (1999 a 2006). Na linha de plantio da frutífera, na faixa de adubação, as amostragens de solo foram realizadas aos 12, 16, 22, 28, 34, 40, 46, 52, 66 e 78 meses após incorporação do corretivo. Foram retiradas 12 subamostras por parcela, em cada camada, para constituir uma amostra composta. Para isso, utilizou-se trado tipo holandês, amostrando-se as camadas de 0–20, 20–30, 30–40 e 40–60 cm. As determinações analíticas nas amostras de solo seguiram os métodos descritos por Raij et al. (2001).

O estado nutricional das plantas foi determinado pela amostragem de folhas, conforme Natale et al. (1996) para a goiabeira, que indicam a coleta do terceiro par de folhas recém-maduras (com pecíolo), a partir da extremidade do ramo, à época de pleno florescimento da cultura, em número de quatro pares de folhas por árvore, em toda a volta da planta. Assim, nos meses de setembro/novembro de 2001 a 2005, realizou-se a

A produção das três plantas úteis de cada parcela foi avaliada durante cinco anos agrícolas (2001/02, 2002/03, 2003/04, 2004/05 e 2005/06), no período de dezembro/janeiro a abril/maio de cada safra agrícola. A resposta das goiabeiras à calagem nas safras de 2001/02 e 2002/03, foi avaliada apenas em 2003).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e de regressão. De acordo com Gomes (1985), foram realizadas análises de regressão conjunta para os dados de solo, admitindo-se diferentes épocas de amostragens como covariáveis. Para isso, foram selecionadas e consideradas variáveis cujos quadrados médios residuais não diferiram em mais de sete vezes. A análise estatística foi realizada pelo programa estatístico SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito dos tratamentos no solo

A análise conjunta dos valores pH, soma de bases (SB) e saturação de bases (V), bem como a concentração de Ca, de Mg e a H + Al das análises químicas do solo, não mostrou interação significativa entre a calagem e as épocas de amostragem, em todas as camadas estudadas, tanto na entrelinha como na linha de plantio das goiabeiras. A ausência de interação sugere que as modificações nas propriedades químicas do solo, em função das doses de calcário em estudo, foram proporcionalmente semelhantes nas diferentes épocas de amostragem.

Verificaram-se alterações significativas nos valores de H + Al, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V em todas as camadas de solo analisadas (exceto o pH na camada de 0–20 cm, tanto na linha como na entrelinha da goiabeira) (Figura 1). Podem-se comprovar as modificações ao se comparar à análise inicial da área (Quadro 1).

Com o aumento das doses de corretivo, houve elevação significativa do pH, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V, com redução significativa do H + Al, tanto na linha de plantio como na entrelinha das goiabeiras. Os efeitos das doses sobre essas variáveis do solo tiveram ajustes estatísticos independentemente do local de amostragem (entrelinha ou linha) e da camada analisada. As alterações foram mais intensas na região onde o calcário foi incorporado (0–30 cm), o que foi constatado pelo coeficiente angular das equações de regressão, que decresce com a profundidade de amostragem do solo (Figuras 1 e 2).

Verifica-se que os atributos químicos do solo mantiveram-se com valores semelhantes ao longo do experimento, na entrelinha da goiabeira, em relação à projeção da copa das goiabeiras.

solo durante o processo de nitrificação (Malavolta, 2006). Não se pode desprezar, também, a ação das frutíferas sobre o solo, absorvendo Ca e Mg para sua nutrição e exsudando prótons (Engels & Marschner, 1995). Vale lembrar, ainda, que o pomar era irrigado, o que de todo modo contribui para maiores modificações na projeção da copa das goiabeiras, devido à estreita relação entre o movimento da água e a lixiviação de nitrato (Libardi & Reichardt, 1978).

As alterações dos atributos químicos do solo analisadas neste trabalho, abaixo da camada de incorporação do corretivo, podem ser explicadas de muitas formas, apesar de conhecidas a baixa solubilidade e a restrita movimentação do calcário no perfil do solo (Gonzales-Érico et al., 1979).

Salienta-se que existem vários fatores que podem explicar o deslocamento das partículas de calcário ao longo do perfil do solo neste experimento, podendo-se destacar a contribuição de natureza física, como os canais deixados pela decomposição de raízes (Pearson et al., 1962), em função da atividade da macro e microfauna, visto que a área era recém-desbravada à época da implantação dos pomares, após muitos anos

de uma cultura perene (eucalipto). Entretanto, se houve destoca e subsolagem, essa contribuição ter sido restrita.

Segundo Harter & Naidu (1995) e Aoyar et al. (1996) outra explicação seria a formação de pares e (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e ácidos orgânicos (RO^- e RCO_2^-) solubilidade e baixa massa molecular, que por o carreamento desses pares para subsuperficiais. Essa reação é explicada por et al. (1996) pela formação de ligantes orgânicos complexam o Ca do solo, formando complexos ou CaL^- . Além desses compostos, pode haver de outros, como $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, com Oliveira & Pavan (1996), e, ainda, q adubação nitrogenada, pode ocorrer a forma solúveis, como o nitrato de Ca, que per movimento descendente da água no perfil (Blevins et al., 1997). É razoável supor, por soma das contribuições de todos os processos importante que cada um deles.

Independentemente do mecanismo e constata-se melhoria do ambiente químico para as plantas. Essa descida do calcário n

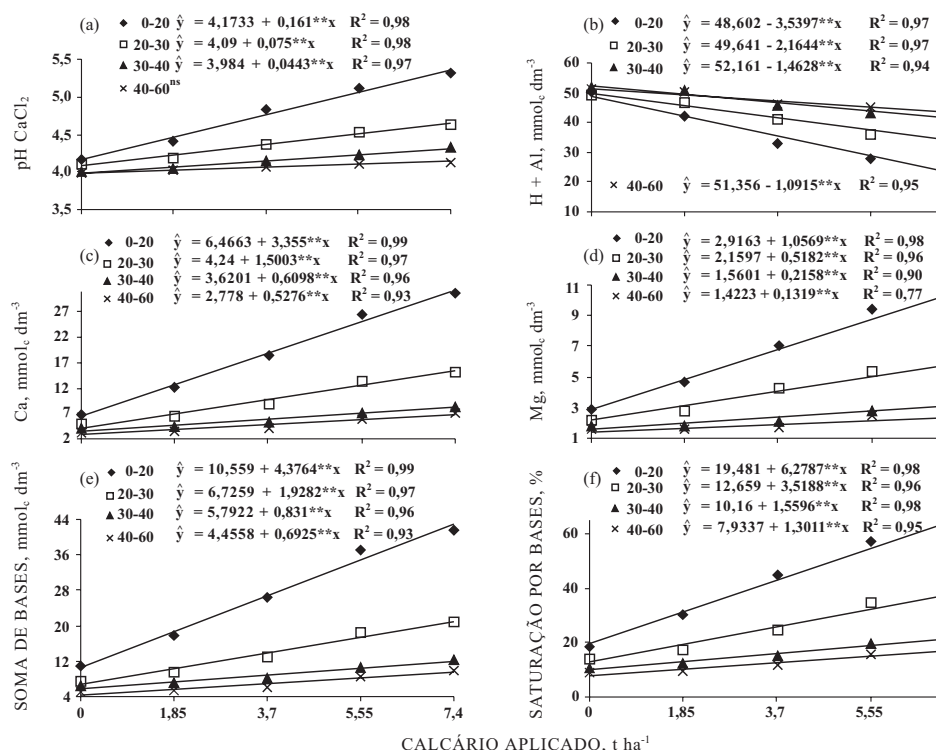


Figura 1. Efeito da aplicação de calcário no pH (a), $\text{H}^+ \text{Al}$ (b), Ca (c), Mg (d), soma de bases (e) e saturação por bases (f).

solo, com conseqüente correção da acidez abaixo da camada de incorporação, pode ter implicações práticas importantes, visto que a goiabeira possui sistema radicular profundo e abrangente (Moutounet et al., 1977; Bassoi et al., 2001).

Além disso, é importante destacar que, com a aplicação de calcário referente a duas vezes a dose indicada para elevar V a 70 %, foi obtido apenas 63 % (Figura 1). Apesar de o método da necessidade de calcário, baseado na elevação da V do solo, apresentar fundamento adequado, têm sido freqüentemente relatados na literatura resultados em que os valores de V, determinados após a calagem, foram inferiores aos estimados pelo método (Quaggio et al., 1982; Caires & Rosolem, 1993; Oliveira et al., 1997). De acordo com Tescaro (1998), essa ineficiência em elevar a V a valores relativamente altos pode estar ligada ao potencial de cargas dependentes do pH do solo, normalmente alto, ao deslocamento da reação de equilíbrio da solubilização do corretivo e, ainda, à formação de novos minerais no solo, como hidróxidos pouco solúveis.

Considerando que a V reflete, de maneira indireta, os benefícios da calagem no solo (aumento do Mg^{2+} e SB e diminuição de Al^{3+} e do $H + Al$), de forma resumida, pode representar tais modificações. Optou-se por apresentar a V nas diferentes amostras analisadas, ao longo dos 78 meses de experiência (Figura 3).

Avaliando os efeitos da aplicação de calcário dolomítico no decorrer do tempo (1999-2007), constata-se que houve reflexos positivos na V, já aos quatro meses após incorporação do calcário em amostras da entrelinha do pomar (Figura 2). Na entrelinha (camada de 0-20 cm), apesar da elevação dos valores de V, houve estabilidade até cerca de 36 meses. A partir daí, teve início o decréscimo da V residual do calcário na entrelinha (Figura 3). Isso se acentuadamente, na linha de plantio (Figura 3), independentemente da camada analisada. Os dados de Quaggio et al. (1982) e Oliveira et al. (1997), em condições de campo, indicaram que a reação do calcário no solo ocorreu entre 18 e 33 meses após a aplicação. Resultados da Embrapa (1981)

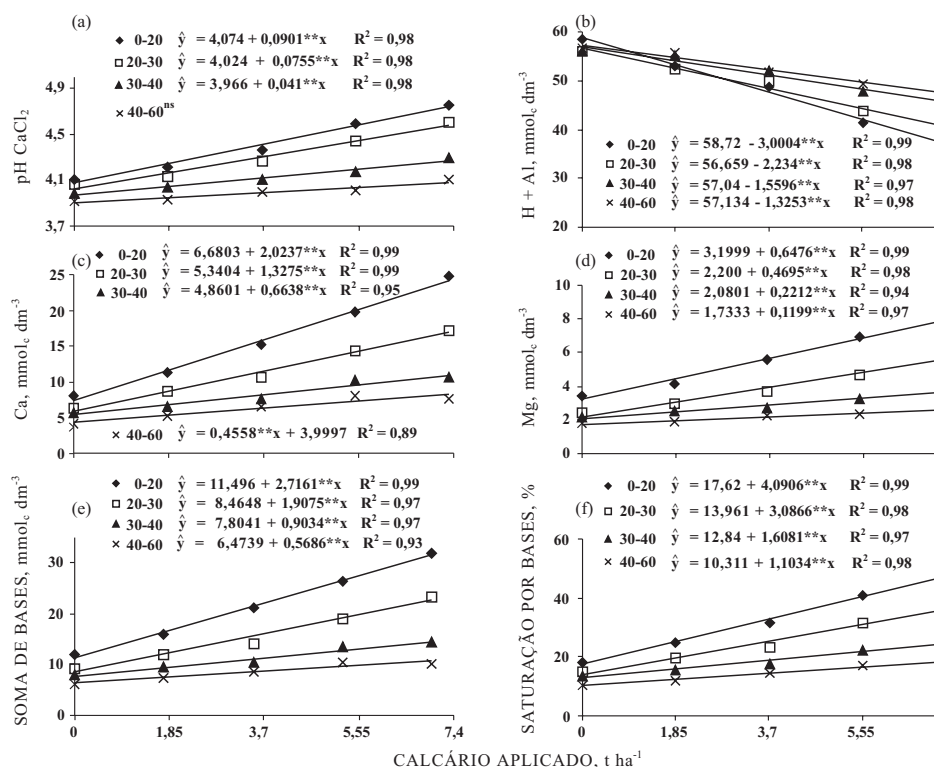


Figura 2. Efeito da aplicação de calcário no pH (a), H + Al (b), Ca (c), Mg (d), soma de bases (e) e saturação por bases (f).

indicaram que a reação máxima do calcário ocorreu aproximadamente quatro meses depois da aplicação. É importante ressaltar que as doses, tipos e PRNT dos calcários utilizados nos trabalhos citados diferem daqueles empregado no presente estudo. Outro aspecto que poderia estar influenciando na velocidade de reação do calcário seriam os índices de reatividade adotados atualmente para o cálculo desta, que se apresentam superestimados dentro do prazo estipulado pela legislação brasileira, que é de até 90 dias. Natale & Coutinho (1994) observaram que as reatividades das frações granulométricas atribuídas ao calcário pela legislação só foram obtidas cerca de 18 meses após a aplicação do corretivo ao solo.

Essas diferenças no tempo de reação do calcário devem-se a diversos fatores, entre os quais o poder-tampão do solo e o grau de homogeneização na incorporação do corretivo (Weirich Neto et al., 2000). Além disso, o regime hídrico do local pode afetar a velocidade de reação do calcário no solo ao longo do tempo.

Salienta-se que, na amostragem de solo da linha de plantio das goiabeiras, houve diminuição linear da V com o tempo decorrido (Figura 3b). Essa queda da V, constatada por meio dos coeficientes de angulares das equações, foi maior nas camadas superficiais

(0–30 cm), atingindo 0,6–0,4 %, comparada à subsuperficial (30–60 cm), que foi de 0,3–0,2 %. Isso se deve, provavelmente, ao maior efeito da adubação nitrogenada na camada superficial, bem como à irrigação. No presente experimento, a diminuição anual de 5–7 % da V na camada superficial do solo, com o tempo de cultivo, na linha de plantio das goiabeiras.

Efeito dos tratamentos na planta

As análises químicas do tecido vegetal mostraram que houve efeito significativo da calagem na concentração foliar de Ca, Mg, Mn e Zn. Os demais elementos, N, P, K e S, bem como o B, Cu e Fe, avaliados durante todo o período experimental, não sofreram efeito significativo das doses de corretivo, seja em adubações minerais regulares no pomar, seja em adubações ao estérco aplicado.

Os teores de macro e micronutrientes encontrados foram adequados à goiabeira, de modo geral, situando-se dentro das faixas recomendadas para a cultura: N, P, K, Ca e Mg em 30, 3, 30, 13 e 3 g kg⁻¹, respectivamente (Malavolta et al., 1996). Para a cultivar Paluma (a mesma empregada neste trabalho), Natale et al. (1996) indicam como adequadas as faixas de teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Mn e Zn, de 20–23; 1,4–1,8; 14–17; 7–11; 3,4–4,0; e 2,5–3,5 g kg⁻¹, respectivamente. Os teores de N, P, K e S mantiveram-se, ao longo do tempo, próximos aos limites inferiores das faixas recomendadas para a frutífera por Natale et al. (1996).

Observaram-se efeitos lineares das doses de corretivo sobre os teores de Ca e Mg ao longo do tempo (exceção para o Mg em 2004). Os coeficientes de determinação indicam o bom ajuste dos dados ao modelo linear (Figura 4). Esses incrementos nos teores foliares de Ca e Mg na goiabeira foram esperados, visto que o corretivo empregado foi calcário dolomítico (Figuras 1 e 2).

Os teores foliares de Ca estiveram sempre dentro das faixas recomendadas para a goiabeira, considerada adequada por Natale et al. (1996). A exceção das goiabeiras do tratamento teste, que receberam a menor dose de corretivo, ocorreu em 2004 (Figura 4a). Contudo, os teores de Mg foram sempre abaixo daquele considerado adequado pelos autores anteriormente citados, independentemente do ano de avaliação ou da dose de corretivo empregada (Figura 4b).

Nos primeiros anos após implantação da goiabeira, verificou-se boa correlação entre os teores foliares de Ca e as concentrações do elemento no solo da linha de plantio como na linha de plantio (Quadro 1). Entretanto, nos anos de 2004 e 2005, a correlação foi significativa apenas nas concentrações de Ca na linha de plantio. De maneira geral, o efeito da calagem na saturação por bases do solo da linha de plantio

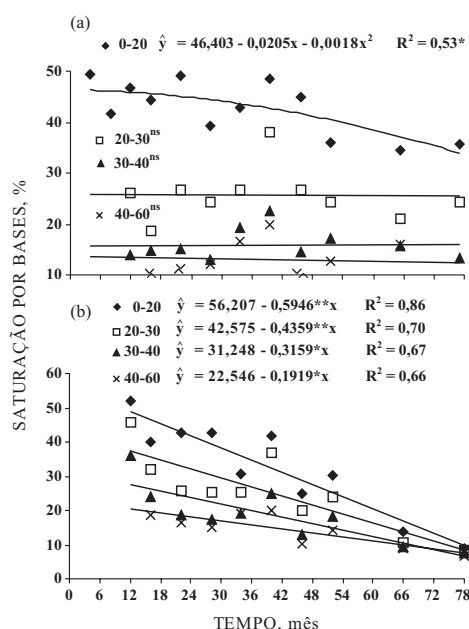


Figura 3. Efeito do tempo de aplicação do calcário na saturação por bases do solo cultivado com goiabeira, em amostras da entrelinha (a) e da linha (b), em diferentes profundidades de amostragem.

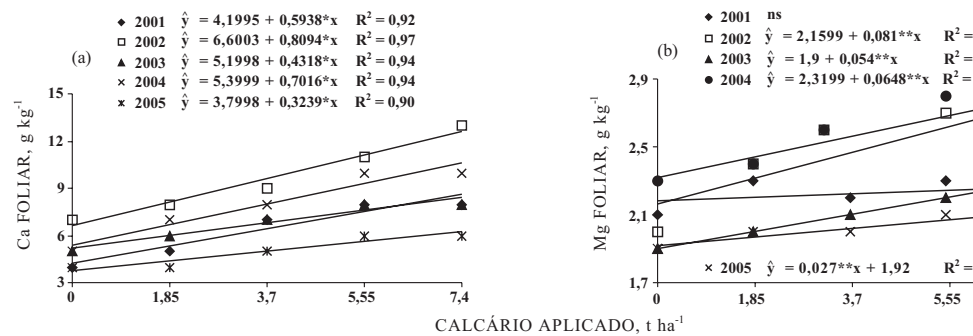


Figura 4. Efeito da aplicação de doses crescentes de calcário sobre os teores foliares de Ca (a) e Mg (b) em pomar de goiabeiras, avaliados em diferentes anos (dados médios de quatro repetições). ** Significativo p < 0,01 e * Significativo p < 0,05.

Quadro 2. Coeficientes de correlação entre o teor de cálcio e de magnésio do solo na camada de 0 a 10 cm, entrelinha e linha do pomar e os teores foliares de Ca e Mg das goiabeiras, nos diferentes anos (os valores são médias de quatro repetições em cada ano)

Nutriente no solo	Nutriente na folha									
	2001		2002		2003		2004		2005	
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Ca (L)	0,91*		0,99**		0,95*		ns		ns	
Ca (E)	0,94*		0,96**		0,99*		0,97*		0,93*	
Mg (L)		ns		0,79*		ns		ns		ns
Mg (E)		ns		0,92*		0,97*		0,81*		0,84*

E: entrelinha do pomar, L: linha de plantio das goiabeiras. **, * e ns Significativo p < 0,01, p < 0,05 e não-significativo, respectivamente.

dessas bases na linha de plantio, as raízes das goiabeiras absorveram os nutrientes de maneira mais efetiva na entrelinha da cultura. Em citros, Quaggio (1994) também verificou correlação significativa entre o Mg foliar e aquele na entrelinha do pomar.

Os teores foliares de Mn e Zn sofreram decréscimos significativos com o aumento das doses de calcário (Quadro 3). Apesar disso, permaneceram na faixa considerada adequada, ou acima desta, para a cultura indicada por Natale et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), o que ocorreu, também, com os demais micronutrientes.

Produção de frutos

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade, com exceção do ano de 2006, em que houve severo ataque de *Puccinia psidii* Wint, com queda generalizada dos frutos no pomar (Figura 5). É importante destacar o aumento de produtividade da safra de 2002 a 2005, que é resultado, após implantação do pomar, do crescimento do planta

Quadro 3. Efeito da aplicação de doses crescentes de calcário sobre os teores foliares de Mn, Mg e zinco em goiabeiras avaliadas em diferentes anos

Ano	Nutriente	Equação	R²
2001	Mn	$\hat{y} = 329,31 - 22,9353^{***}x$	0,92
	Zn	$\hat{y} = 30,63 - 1,2035^{***}x$	0,97
2002	Mn	$\hat{y} = 26,33 - 1,7228^{***}x$	0,94
	Zn	$\hat{y} = 26,81 - 0,9844^{***}x$	0,94
2003	Mn	$\hat{y} = 272,70 - 11,975^{***}x$	0,94
	Zn	$\hat{y} = 36,00^{ns}$	0,90
2004	Mn	$\hat{y} = -332,59 - 17,86^{***}x$	0,97
	Zn	$\hat{y} = 37,00^{ns}$	0,90
2005	Mn	$\hat{y} = 209,06 - 13,33^{***}x$	0,97
	Zn	$\hat{y} = 27,96 - 0,8359^{***}x$	0,90

***: Significativo p < 0,01.

(Figuras 1a e 2a), bem como o fornecimento de Mg provenientes do calcário (Figuras 1c e 2c), com consequente elevação dos teores foliares

EFEITOS DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE...

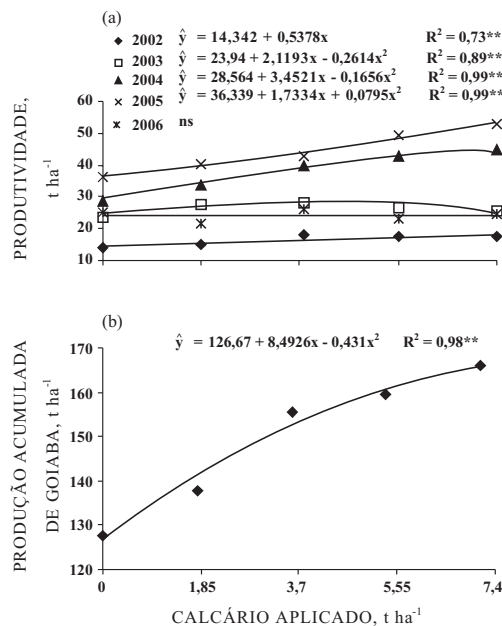


Figura 5. Efeito da aplicação de calcário dolomítico na produtividade de frutos de goiabeiras nas safras de 2002 a 2006 (a) e na produção acumulada de goiabas (b).

médias de produtividade das safras de 2002-2006 (Figura 5a) superam as médias de produtividade dos pomares comerciais adultos no Brasil – em 2003 a média foi de 18 t ha⁻¹ de frutos (Agrianual, 2006). Isso se deve, especialmente, ao emprego de cultivar mais produtiva, que exige, porém, manejo da calagem, da adubação e do uso de irrigação mais adequadas.

A produção acumulada de frutos no período experimental (2002 a 2006) está apresentada na figura 5b. Observa-se o bom ajuste dos dados de produção acumulada ao modelo quadrático, em função das doses de corretivo.

Quanto à dependência entre os teores foliares de Ca e Mg nas goiabeiras e a produção acumulada de frutos, observou-se efeito quadrático para o Ca (Figura 6a) e para o Mg (Figura 6b). A relação Ca/Mg mostra, por outro lado, que valores muito estreitos dessa relação são prejudiciais à produção acumulada de goiabas (Figura 7). O conhecido efeito de competição entre bases no solo (Ca e Mg), com reflexos na absorção e nos teores foliares dos nutrientes (Moore et al., 1961), justifica o comportamento da planta, em relação à produção.

Observou-se incremento, com ajuste quadrático, na produção acumulada de frutos (safras de 2002-2006), em função da saturação por bases na camada

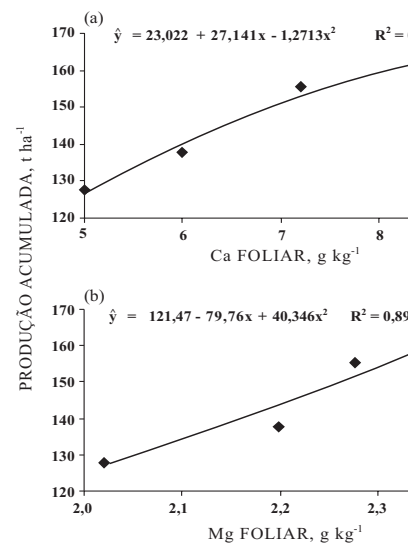


Figura 6. Relação entre os teores foliares (a) e magnésio (b) e produção acumulada de frutos de goiabeiras nas safras de 2002 a 2006. Os pontos são médias de quatro repetições em cada ano.

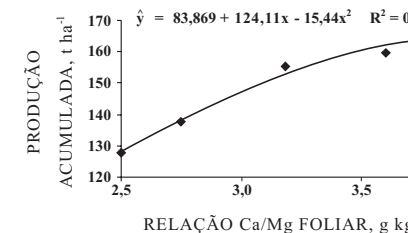


Figura 7. Relação entre Ca/Mg foliar e produção acumulada de frutos das goiabeiras nas safras de 2002 a 2006. Os pontos são médias de quatro repetições em cada ano.

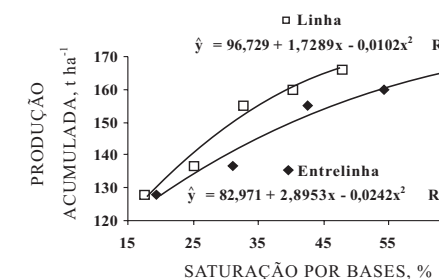


Figura 8. Relação entre a saturação por bases na camada de 0-20 cm na entrelinha e produção acumulada de frutos das goiabeiras nas safras de 2002 a 2006. Os pontos são médias de quatro repetições em cada ano.

experimento, pode-se inferir que maiores valores de produção acumulada de frutos são obtidos quando V estiver próximo de 50 % na linha da cultura e de 65 % na entrelinha do pomar. Santos & Quaggio (1996) indicaram para a goiabeira no Estado de São Paulo valor de $V = 70\%$, não informando, porém, se a V é para a implantação do pomar ou para a fase produtiva.

CONCLUSÕES

1. A calagem promove melhoria dos atributos químicos do solo ligados à acidez, elevando o pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB e V e diminuindo o $\text{H} + \text{Al}$, até 60 cm de profundidade, tanto na entrelinha como na linha da cultura.

2. A calagem eleva os teores foliares de Ca e Mg, os quais se correlacionaram positivamente com a produção de frutos das goiabeiras.

3. A maior produção acumulada de frutos esteve associada à saturação por bases no solo próxima a 50 % na linha e 65 % na entrelinha do pomar.

LITERATURA CITADA

- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP Consultoria e Comércio, 2006. p.332.
- AOYAMA, M. Fractionation of water-soluble organic substances formed during plant residue decomposition and high performance size exclusion chromatography of the fractions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 42:21-30, 1996.
- BARBER, S.A. Liming materials and practices. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., eds. *Soil acidity and liming*. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.125-160.
- BASSOI, L.H.; SILVA, J.A.M.; SILVA, E.E.G.; FERREIRA, M.N.L.; MAIA, J.L.T. & TARGINO, E.L. Informações sobre a distribuição das raízes da goiabeira para o manejo da irrigação. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 2001. 4p. (Comunicado Técnico, 111)
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 656p.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELUIS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron.*
- DEMATTE, J.L.I. & VITTI, G.C. Alguns aspectos do manejo de solos para citros. In: 5º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CITROS. FÍSIOLOGIA E MANEJO DO SOLO. Bebedouro, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1992. p.67-99.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro de Pesquisa em Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico de Pesquisa. Planaltina, 1981 190p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Produção de Informações, 1995. 103p.
- ENGELS, C. & MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E., ed. *Nitrogen in the environment*. New York, M. Dekker, 1981. 81p.
- GONZALES-ÉRICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NAIDU, R. & SOARES, W.V. Effect of deep placement of nitrogen on the growth of corn on a Central Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:1155-1160, 1979.
- HARTER, R.D. & NAIDU, R. Role of metal complexation in metal sorption by soils. *Adv. Soil Sci.*, 55:219-263, 1995.
- LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia em um solo tropical. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:40-44, 1978.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral. Piracicaba, Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Estado nutricional das plantas: Princípios e métodos. 2 ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Addition of crop residues on the leaching of C and N in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH. Horizonte, 1996. Abstracts. Belo Horizonte, Embrapa-CPAC, 1996. p.8.
- MOORE, D.P.; OVERSTREET, R. & JACOBSON, G. Effect of magnesium and its interactions with calcium on the growth of barley roots. *Plant Physiol.*, 36:290-295, 1961.
- MOUTOUNET, B.; AUBERT, B.; GOUSSELAND, J.; CHAN, P.; PAYET, O. & JOSON, J. Influence de l'enracinement de quelques arbres fruitiers sur la fertilité du sol. *Fruits*, 32:321-330, 1977.
- NATALE, W. Diagnóstico da nutrição nitrogenada em duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava*) durante três anos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1993. 150p. (Dissertação de Mestrado)

EFEITOS DA CALAGEM NA FERTILIDADE DO SOLO E NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE...

- NATALE, W. & COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agrônômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. R. Bras. Ci. Solo, 18:55-62, 1994.
- NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E. & PEREIRA, F.M. Goiabeira: Calagem e adubação. Jaboticabal, Funep, 1996. 22p.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. Soil Till. Res., 38:47-57, 1996.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho álico, à calagem. R. Bras. Ci. Solo, 21:65-70, 1997.
- PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. & VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. Soil Sci., 93:77-82, 1962.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.
- PIZA JÚNIOR, C.T. A poda da goiabeira de mesa. Campinas, CATI, 1994. 30p. (Boletim Técnico, 222)
- PIZA JÚNIOR, C.T. & KAVATI, R. A cultura da goiaba de mesa. Campinas, CATI, 1994. 28p. (Boletim Técnico, 219)
- PRADO, R.M. Efeito da calagem no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de frutos da goiabeira e da caramboleira. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2003. 68p. (Tese de Doutorado)
- QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2000. 111p.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de aplicação do calcário em culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, Campinas, 1986. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.21.
- QUAGGIO, J.A. Variações na interpretação de re-análise de solo, em função do local de amostragem e da cultura. In: REUNIÃO BRASIL DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. Anais. Petrolina, SBCS, 1994. p.405-407.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B. van. Aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. R. Bras. Ci. Solo, 6:189-194, 1982.
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, L. & QUAGGIO, J.A., eds. Análise química para a avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- REY, J.Y. Etude architecturale de la partie aéro-aérogoyavier. Montpellier, Université de Montpellier, 1987.49p. (Tese de Doutorado)
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Suelos ácidos: manejo para su manejo con bajos insumos en América Latina. Bogotá, La Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983. 93p.
- SANTOS, R.R. & QUAGGIO, J.A. Goiaba. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambu, 1998. Resumos. Caxambu, UFPA/SBCS/SBM, 1998. p.100.
- SAS INSTITUTE. SAS User's guide: Statistics. 5.ed. Cary, NC, 1996. 956p.
- TESCARO, M.D. Eficiência do método da saturação para a correção da acidez de um solo Álico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambu, 1998. Resumos. Caxambu, UFPA/SBCS/SBM, 1998. p.101.
- WEIRICH NETO, P.H.; CAIRES, E.F.; JUSTINO, J. Correção da acidez do solo em função da incorporação de calcário. Ci. Rural, 30:257-262, 2000.