

JOSÉ DE ARIMATÉIA DUARTE DE FREITAS

**DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM PARA O CRESCIMENTO
INICIAL DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
AGOSTO – 1998

JOSÉ DE ARIMATÉIA DUARTE DE FREITAS

**DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM PARA O CRESCIMENTO
INICIAL DO CAFEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 30 de março de 1998.

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti
(Conselheiro)

Prof. Braz Vitor De Felippo
(Conselheiro)

Prof. Antonio Carlos Ribeiro

Dr. Francisco Morel Freire

Prof. Victor Hugo Alvarez V.
(Orientador)

A DEUS: PAI, FILHO e ESPÍRITO SANTO,
de quem nada poderá nos separar.

Aos que colocam sua profissão a serviço do Reino e compreendem
que o temor do Senhor é o princípio da sabedoria,
minha ADMIRAÇÃO E HOMENAGEM.

À minha esposa, Aíla, e aos meus filhos, Maria Alice, Míriam e
Artur, que sob o senhorio de Cristo me transmitiram sempre
direção, sabedoria e amor.

AGRADECIMENTO

À Embrapa-Meio-Norte (CPAMN), pela oportunidade e pelo apoio concedidos para meu aperfeiçoamento profissional.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Solos, pelas facilidades oferecidas durante o curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos chefes da Embrapa – Meio-Norte, Paulo Reis Pereira e Benedito Vasconcelos Mendes, amigos sempre compreensíveis e solidários.

Ao professor Victor Hugo Alvarez Venegas, pela inteligente, firme e amigável orientação.

Aos professores Reinaldo Bertola Cantarutti, Braz Vitor De Felippo e Antônio Carlos Ribeiro e ao pesquisador Francisco Morel Freire, conselheiros e amigos, cujas sugestões muito contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos professores Liovando Marciano da Costa, João Luiz Lani, José Mário Braga e João Kerr, sempre amigos, incentivadores e cooperadores.

Ao técnico de nível superior Jairo Antonio de Oliveira, que sem medir esforços foi, em todas as horas, ajudador, prestativo e atencioso amigo.

Aos funcionários da UFV, Simone, Fernando, Jorge, Lula, Jabiraca, Cláudio, Tião, Renato e Ferreira, auxiliares amigos, atenciosos e dedicados.

Aos casais Lúcio e Ton, Fábio e Betinha e Taquinho e Lu, que muito me ensinaram com sua amizade e contínua hospitalidade.

Aos amigos do curso, Pascoal, Reginaldo, Novelino e Paulino, de quem sempre recebi consideração, sincero apoio e agradável convivência.

Aos muitos Cristãos, que ao longo desta maratona me ajudaram a guardar a fé.

BIOGRAFIA

JOSÉ DE ARIMATÉIA DUARTE DE FREITAS, filho de Raimundo Zeferino de Freitas e Alice Duarte de Freitas, nasceu no dia 4 de setembro de 1956, em Mossoró-RN.

Em março de 1976, ingressou no Curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), concluindo-o em dezembro de 1979.

Em agosto de 1980, ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia, na área de concentração de Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará (UFC), concluindo-o em dezembro de 1983.

Em fevereiro de 1984, ingressou na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), na qual permaneceu até fevereiro de 1988.

Em fevereiro de 1988, ingressou na Embrapa – Meio-Norte (CPAMN), onde ainda permanece.

Em abril de 1992, iniciou o Curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, defendendo tese em 30 de março de 1998.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Critérios para estimar a necessidade de calagem	3
2.1.1. Neutralização do Al trocável	3
2.1.2. Neutralização do Al e elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis	5
2.1.3. Solução-tampão SMP	7
2.1.4. Saturação por bases	8
2.1.5. pH e teor de matéria orgânica	9
2.1.6. Incubação com CaCO ₃	10
2.2. Calagem para o cafeeiro	11
2.2.1. Aspectos gerais	11
2.2.2. Respostas do cafeeiro a doses de calcário	13
2.2.3. Relação Ca:Mg para o cafeeiro	14
2.2.4. Comparação entre critérios para determinar a necessidade de calagem	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Necessidade de calagem estimada por diferentes critérios	27
4.2. Necessidade de calagem para atingir pH 6,0	36
4.3. Necessidade de calagem para o crescimento inicial ótimo do cafeeiro	53
4.3.1. Aspectos relacionados ao solo	53
4.3.2. Aspectos relacionados à planta	66
5. RESUMO E CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICE	84

EXTRATO

FREITAS, José de Arimatéia Duarte de, Universidade Federal de Viçosa, agosto de 1998. **Determinação da necessidade de calagem para o crescimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)** Orientador: Victor Hugo Alvarez V. Conselheiros: Braz Vítor De Felippo e Reinaldo Bertola Cantarutti.

Em experimento conduzido em casa de vegetação, objetivou-se determinar a necessidade de calagem para o crescimento inicial do cafeeiro em solos de Minas Gerais, por meio da avaliação dos efeitos das doses de calcário recomendadas por diferentes critérios sobre o crescimento inicial e a composição mineral de plantas jovens de café. Os tratamentos consistiram da combinação fatorial entre os 14 solos e sete doses de calcário, no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Cinco doses de calcário foram definidas com base nos critérios neutralização do Al^{3+} , solução-tampão SMP, neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, saturação por bases e teor de matéria orgânica e elevação do pH do solo a 6,0. As outras duas corresponderam à testemunha e a uma dose adicional, para melhor compor o espaço experimental. Sete dm^3 de cada solo foram incubados com as respectivas doses de calcário, por 30 dias. Após este período coletaram-se amostras dos solos, para determinar: pH em água, $H + Al$, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K disponível. Subamostras de $5,0 dm^3$ dos solos incubados foram acondicionadas em vasos, onde foram cultivadas duas plantas de café "Catuaí Vermelho", durante 12 meses. O solo de cada vaso foi

adubado com todos os macro e micronutrientes. Ao fim do cultivo, coletaram-se o terceiro e quarto pares de folhas de cada ramo das plantas. Em seguida, colheram-se a parte aérea e o sistema radicular das plantas. A matéria seca foliar foi submetida à digestão nítrico-perclórica, e determinaram-se os teores de Ca, Mg e K. Os efeitos das doses de calcário foram avaliados por meio de equações de regressão ajustadas com as variáveis de respostas, em função das doses de calcário aplicadas. Com base nas equações de regressão ajustadas entre o pH dos solos e as doses de calcário, estimaram-se as doses necessárias para atingir pH 6,0. A partir das respectivas equações de regressão ajustadas, estimaram-se os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al e os valores de saturação por bases correspondentes a essas doses. Estimaram-se, também, as doses de calcário, o pH, os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al, os valores de saturação por bases e os teores foliares de Ca, Mg e K correspondentes a 95% da produção máxima de matéria seca total. As doses de calcário estimadas pelos critérios estudados correlacionaram-se com as doses necessárias para atingir pH 6,0, estimadas a partir das curvas de neutralização. Apenas o critério que visa a neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ e o critério que visa elevar a saturação por bases recomendaram doses de calcário que tenderam a se aproximar daquelas estimadas para atingir pH 6,0. As doses de calcário estimadas pelos diferentes critérios também correlacionaram-se com as doses necessárias para atingir 95% da produção máxima de matéria seca total de plantas de café. O critério que visa somente neutralizar o Al^{3+} foi o único que, em geral, subestimou essas doses. Os demais critérios, sobretudo o que considera o pH do solo e o teor de matéria orgânica, tenderam a superestimá-las. Estes resultados indicam que as plantas de café, em seu estágio inicial de desenvolvimento, exigem menores doses de calcário que aquelas recomendadas pelos critérios em uso e, também, que na avaliação de critérios para determinação da necessidade de calagem deve-se considerar a resposta da cultura à dose de calcário como critério de referência, levando em consideração seu estágio de desenvolvimento.

ABSTRACT

FREITAS, José de Arimatéia Duarte de, Universidade Federal de Viçosa, August 1998. **Determination of liming needs for the initial growth of coffee (*Coffea arabica* L.)**. Adviser: Victor Hugo Alvarez V. Committee members: Braz Vítor De Felippo and Reinaldo Bertola Cantarutti.

An experiment was carried out under greenhouse conditions aiming at the determination of liming needs for the initial coffee growth in soils of Minas Gerais State by evaluation of the effects from calcarious doses recommended by different criteria on the initial growth and mineral composition of the young coffee plants. The treatments consisted of the factorial combination among 14 soils and seven calcarious doses on a randomized block design with three replicates. Five calcarious doses were defined based on the following criteria: Al^{3+} neutralization, buffer-solution SMP, Al^{3+} neutralization and elevation of Ca^{2+} and Mg^{2+} contents, base saturation and organic matter contents and elevation of soil pH up to 6.0. The other two corresponded to the control and also to one additional dose for a better composition of the experimental space. Seven dm^3 of each soil were incubated with the respective calcarious doses for 30 days. After this period the soil samples were collected to determine: pH into water, H + Al, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} and the available K. Subsamples consisting of 5.0 dm^3 from incubated soils were conditioned in pots where two plants of coffee "Catuaí Vermelho" were grown during 12 months. The soil of each pot was fertilized

with all macro and micronutrients. At the end of the cropping, the third and fourth pairs of leaves from each plant branch were collected. Following the plant aerial part and the root system were collected. The leaf dry matter was subjected to perchloric-nitric digestion and the Ca, Mg and K contents were determined. The effects from calcarious doses were evaluated by regression equations adjusted with the response variables as a function of the applied doses. Based on the regression equations adjusted between the soils pH and calcarious doses, the necessary doses for reaching a 6.0 pH were estimated. From the respective regression adjusted equations the Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} and H + Al contents and the base saturation values corresponding to these doses were estimated. The following estimates were also performed: the calcarious doses; pH; the Al^{3+} ; Ca^{2+} , Mg^{2+} and H + Al contents; the base saturation values and the leaf contents of Ca, Mg and K corresponding to 95% from the maximum yield of the total dry matter. The calcarious doses which were estimated by the studied criteria correlated with the necessary doses to reaching a 6.0 pH and were estimated from the neutralization curves. Only the criterion for the Al^{3+} neutralization and elevation of the $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ contents and that one for elevation of the base saturation recommended the calcarious doses which tended to approach those doses estimated for reaching a 6.0 pH. The calcarious doses estimated by the different criteria also correlated with the necessary doses to attaining a 95% of the maximum yield of the total dry matter in coffee plants. The criterion which aims only to neutralize Al^{3+} was the unique which generally underestimated these doses. The other criteria, in particular the one considering the soil pH and the organic matter contents tended to overestimate them. These results suggest that in their initial development stage the coffee plants require lower calcarious doses than those recommended by the usual criteria on one hand, and that the evaluation of the criteria for determination of the liming needs should consider the crop response to the calcarious dose as the reference criterion, taking into account the development stage.

1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro apresenta-se como planta exigente em nutrientes, entre os quais Ca e Mg são de fundamental importância (GARCIA, 1983a, b; FREIRE et al., 1984). Apesar das exigências nutricionais da cultura, a atual cafeicultura brasileira está implantada principalmente em solos caracterizados pela pequena reserva de minerais primários, por serem ácidos e, conseqüentemente, apresentarem baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e teores relativamente altos de Al^{3+} e Mn, o que torna a calagem uma prática indispensável (GARCIA, 1983a, b; GUIMARÃES, 1992).

Embora não existam dúvidas sobre a necessidade de calagem para o cafeeiro nesses solos (LOPES, 1983), diferentes critérios de recomendação de calagem têm sido empregados. Estes critérios variam quanto aos objetivos e aos princípios analíticos, conduzindo, portanto, a recomendações de diferentes quantidades de calcário para um mesmo solo, o que gera controvérsias quanto ao critério que se deve utilizar (PAULA et al., 1991; ARAÚJO et al., 1993).

Em Minas Gerais, são utilizados dois critérios na recomendação de calagem para o cafeeiro: um que tem por princípio a neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (critério de Minas Gerais) e outro, a elevação da saturação por bases (critério de São Paulo). No critério de Minas Gerais, atualmente, são utilizadas variações no que se refere aos teores críticos de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (valor de X). De acordo com a CFSEMG (1989), este valor é de $3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, no entanto OLIVEIRA et al. (1994) recomendam o valor

de $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Quanto ao critério de São Paulo, adotam-se os valores de 70% (RAIJ, 1981) e 60% (CFSEMG, 1989) para saturação por bases a ser atingida (V_2). Atualmente, o valor de saturação por bases indicado para o cafeeiro no Estado de São Paulo é de 50% (RAIJ et al., 1996). No entanto, ressalta-se que o uso dos maiores valores para X e V_2 resulta em doses elevadas de calcário, que podem aumentar o pH do solo a valores que afetam negativamente a disponibilidade de nutrientes (BRADY, 1989; MARSCHNER, 1995).

A escolha do critério mais adequado para determinar a necessidade de calagem envolve o conhecimento da resposta da cultura à adição de calcário em solos ou grupos de solos específicos e, necessariamente, o estabelecimento da dose para maior retorno econômico (LOPES, 1983; GOEDERT et al., 1991; PAULA et al., 1991). As curvas de respostas das culturas à calagem devem ser obtidas por meio de experimentos de campo, conduzidos em vários locais e por vários anos, para avaliar o efeito residual do calcário e considerar os riscos da cultura (GOEDERT et al., 1991). Entretanto, a realização de experimentos prévios em ambientes controlados tem sido freqüentemente recomendada, em virtude das maiores facilidades para execução, compreensão e modelagem do fenômeno (NOVAIS et al., 1991). Segundo os autores, os experimentos de campo devem ser realizados essencialmente para testar os modelos previamente obtidos.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a necessidade de calagem para o crescimento inicial do cafeeiro em solos de Minas Gerais, com diferentes características, por meio da avaliação dos efeitos das doses de calcário recomendadas por diferentes critérios sobre o crescimento inicial e a composição mineral de plantas jovens de café.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Critérios para estimar a necessidade de calagem

Diversos critérios para determinação da necessidade de calagem são citados na literatura, os quais, de acordo com PAULA et al. (1991), dividem-se em dois grupos. Um inclui os critérios que se baseiam na correção da acidez, com base na neutralização do Al^{3+} (CATANI e ALONSO, 1969) e na elevação do pH até definido valor, considerando a capacidade-tampão da solução SMP (RAIJ et al., 1979) e o teor de matéria orgânica (DEFELIPO et al., 1972). O outro inclui os critérios que enfatizam a correção das deficiências de Ca e Mg, como o da saturação por bases (RAIJ, 1981) e o que considera, além da correção das deficiências de Ca e Mg, a neutralização do Al^{3+} , conhecido como critério de Minas Gerais (CFSEMG, 1978, 1989; FREIRE et al., 1984). Usualmente, os diferentes critérios são calibrados com a curva de incubação do solo com doses crescentes de $CaCO_3$, que é o método-padrão.

2.1.1. Neutralização do Al trocável

Segundo este critério, a quantidade de calcário é estimada em função do teor de Al^{3+} extraído com a solução não-tamponada de KCl 1 mol/L (Daikuhara, 1914, citado por QUAGGIO, 1986). Assume-se que, ao eliminar a toxidez do

Al^{3+} , a acidez restante não seria, de modo geral, prejudicial às culturas. Em pH 5,4 ou acima, muitos solos já teriam recebido calcário suficiente para suprir adequadamente as necessidades de muitas culturas em Ca e Mg (SUMNER, 1997), mas, principalmente nos solos de carga variável, pode não ter Ca solúvel na solução do solo para um adequado crescimento radicular (FOX et al., 1985).

Esse critério e suas variações (LIN e COLEMAN, 1960; COLEMAN e THOMAS, 1967; KAMPRATH, 1967, 1970; CATANI e ALONSO, 1969) são bastante utilizados nos solos das regiões tropicais. No Brasil, Cate (1965), citado por PAULA et al. (1991), utilizou para o cálculo da necessidade de calagem (NC), expressa em t/ha, a fórmula:

$$NC = 1,5 Al^{3+}$$

Mais tarde, CATANI e ALONSO (1969) determinaram que, para elevar o pH desses solos a um valor entre 5,5 e 5,7, eram necessárias doses de $CaCO_3$, expressas pela equação:

$$NC = 0,08 + 1,22 Al^{3+}$$

Posteriormente, KAMPRATH (1970) recomendou o alumínio trocável para determinar a necessidade de calagem, com base no fato de que uma quantidade de $CaCO_3$ equivalente a $1,5 \times Al^{3+}$ foi suficiente para neutralizar, em média, 86% do alumínio trocável. No caso de culturas mais sensíveis, o autor sugere o uso do fator 2 para o cálculo da necessidade de calagem, uma vez que essa fórmula recomenda mais calcário e, em seu trabalho, mostrou ser suficiente para neutralizar 94% do alumínio trocável. Neste mesmo trabalho, encontrou resultados que indicam que na faixa de pH entre 4,5 e 5,4 a capacidade-tampão do solo é devido principalmente ao alumínio trocável.

As doses de calcário recomendadas por esses critérios têm se mostrado adequadas quanto à neutralização do Al^{3+} (AMEDEE e PEECH, 1976; ARAÚJO, 1977; ALVAREZ V. et al., 1990a; PAULA et al., 1991), mas geralmente elevam o pH a valores entre 5,2 e 5,6 (FREITAS et al., 1968;

AMEDEE e PEECH, 1976; ARAÚJO, 1977; QUAGGIO, 1983a,b, 1986; ALVAREZ V. et al., 1990b). No entanto, estes valores de pH podem ser insuficientes para eliminar a toxicidade provocada pelo excesso de Mn do solo (QUAGGIO, 1983a, b, 1986; PAULA et al., 1991). Por geralmente recomendar pequenas quantidades de calcário, tais critérios nivelam as culturas como sendo pouco exigentes em relação a esse nutriente (QUAGGIO, 1983a, b, 1986; ALVAREZ V. et al., 1990b), podendo ser inadequados para corrigir as deficiências de Ca e Mg (ARAÚJO, 1977; PAULA et al., 1991). RAIJ et al. (1983), por exemplo, concluíram que o critério do Al^{3+} , do ponto de vista quantitativo, não é adequado para cálculos de necessidade de calagem com base em experimentos de campo com milho, soja e algodão, uma vez que a produção dessas culturas continuava a aumentar com a elevação das doses de calcário, mesmo em níveis de calagem superiores àqueles suficientes para praticamente neutralizar todo o Al^{3+} .

Por essas razões, diversos pesquisadores recomendam a utilização desse critério para solos com teores consideráveis de Al^{3+} e quando não há necessidade de neutralizar mais do que a acidez trocável (ERNANI e ALMEIDA, 1986; RAIJ e BATAGLIA, 1991; PAULA et al., 1991). A propósito, em solos de Santa Catarina, ERNANI e ALMEIDA (1986) encontraram boa correlação ($r = 0,89^{**}$) entre a necessidade de calagem pela curva de incubação para atingir pH 5,5 e pelo teor de Al^{3+} .

2.1.2. Neutralização do Al e elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis

Nos solos altamente intemperizados, além do elevado teor de Al^{3+} , a deficiência generalizada de Ca e Mg limita a produtividade das culturas. Nesse aspecto, a deficiência de Ca é um fator limitante para um bom desenvolvimento radicular. Por essa razão, o critério para determinar a necessidade de calagem com base no Al^{3+} tem sido adaptado para também corrigir as deficiências de Ca e Mg dos solos (KAMPRATH, 1967; FREIRE et al., 1984; CFSEMG, 1989). Em Minas Gerais, utilizam-se modificações do critério proposto por KAMPRATH (1967), sendo a recomendação de calagem atualmente feita por meio da fórmula (CFSEMG, 1989):

$$NC = Y Al^{3+} + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

em que NC é expressa em t/ha de $CaCO_3$; e Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} são expressos em $cmol_C/dm^3$. O valor de Y nessa fórmula varia em função da textura do solo, sendo 1 para solos arenosos (<15 % de argila), 2 para solos de textura média (15 a 35 % de argila) e 3 para solos argilosos (> 35% de argila). O valor de X corresponde ao teor crítico de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ para as culturas, sendo, por exemplo, 1 para eucalipto, 2 para a maioria das culturas e 3 para o cafeeiro e outras culturas mais exigentes.

A incubação de 21 solos do Estado de Minas Gerais com doses de calcário estimadas por essa fórmula, considerando $X = 2$ e $Y = 2$ (3,41 t/ha, em média) e $X = 3$ e $Y = 2$ (4,20 t/ha, em média), permitiu corrigir o pH até valores médios de 5,71 e 5,88, respectivamente (ALVAREZ V. et al., 1990b).

De acordo com ALVAREZ V. et al. (1995), a fórmula anteriormente descrita apresenta a vantagem de considerar a capacidade-tampão do solo, caracterizada pela textura, e o requerimento de Ca e Mg das culturas, melhorando a capacidade preditiva deste critério para aplicação generalizada. No entanto, diversas modificações têm sido sugeridas, na tentativa de definir melhor os valores de Y e X. PAULA et al. (1991) sugeriram, por exemplo, valores para Y que variam de 0 a 1 para solos arenosos (0 a 15% argila), de 1 a 2 para solos de textura média (15 a 35% argila), de 2 a 3 para solos argilosos (35 a 60% argila) e de 3 a 4 para solos muito argilosos (60 a 100% argila). Mais recentemente, ALVAREZ V. et al. (1993) e OLIVEIRA et al. (1994) sugeriram que os valores de Y sejam determinados em função do fósforo remanescente ($P\text{-rem}_{60}$), que é uma característica do solo que tem se mostrado sensível à capacidade-tampão da acidez. Quanto ao X, OLIVEIRA et al. (1994) propuseram utilizar para o cafeeiro, em solos da Zona da Mata de Minas Gerais, o valor 4.

2.1.3. Solução-tampão SMP

Este critério foi desenvolvido, inicialmente, para solos dos Estados Unidos com elevados teores de Al^{3+} (SHOEMAKER et al., 1961). No Brasil, é utilizado principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

A solução SMP foi originalmente desenvolvida pelos pesquisadores Shoemaker, McLean e Pratt, em 1961, sendo constituída por uma mistura de p-nitrofenol, trietanolamina, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio. O pH dessa solução é ajustado a 7,5 (SHOEMAKER et al., 1961). A necessidade de calagem é determinada com base no decréscimo do pH da solução-tampão SMP, após equilíbrio com uma suspensão de solo, água e tampão, na relação 5:5:10. A solução-tampão SMP fornece uma relação linear entre pH e ácido consumido e foi calibrada inicialmente para atingir pH 6,0, 6,4 e 6,8. Entre os critérios que utilizam soluções tamponadas, este é o de maior simplicidade e rapidez (KAMINSKY, 1974; ERNANI e ALMEIDA, 1986), exigindo apenas que se determine o pH do solo na solução-tampão SMP (QUAGGIO, 1983a, b, 1986; PAULA et al., 1991).

As principais variáveis do critério SMP são a relação entre os volumes de solo, água e solução-tampão e o pH que se quer atingir. As características originais do método foram modificadas por Kussov, para solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (GALVÃO, 1994). Foram adotadas a relação solo-água-tampão de 6:6:6 e as calibrações para pH 5,5, 6,0 e 6,5. A quantidade de tampão utilizada é quase a metade daquela do método original. Essa modificação aumentou a sensibilidade do critério e foi indispensável para a sua adaptação a solos com menor capacidade-tampão (MIELNICZUK et al., 1969; QUAGGIO, 1983a, b, 1986; CFSERS, 1987, 1989, citada por GALVÃO, 1994). Entretanto, tem sido observado em diversos trabalhos que o critério SMP, conforme as tabelas em uso nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, freqüentemente subestima a necessidade de corretivo em solos com baixo teor de argila (CFSERS, 1987, 1989, citada por GALVÃO, 1994; CIPRANDI et al., 1993). Para solos do Estado de São Paulo, RAIJ et al. (1979) concluíram, no entanto, que a relação entre solo-água-tampão 10:20:10 conferia ao critério SMP maior sensibilidade e que, alternativamente, o pH poderia também ser determinado na relação 10:25:5, com a solução SMP

apresentando o dobro da concentração descrita. Posteriormente, QUAGGIO et al. (1985) recomendaram essa última relação, utilizando, alternativamente, água ou solução de cloreto de cálcio 0,01 mol/L, devendo-se ressaltar que em Minas Gerais tem-se utilizado, preferencialmente, a solução de cloreto de cálcio.

Para ser utilizado, o critério SMP deve ser calibrado com o método da incubação, preparando tabelas que indicam a quantidade de CaCO_3 para atingir valores desejados de pH, em função do pH da solução SMP após o equilíbrio com o solo. Atualmente, dispõe-se de tabelas para pH 5,5, 6,0 e 6,5 para solos dos Estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul (RAIJ et al., 1979; CFSERS, 1987, 1989, citada por GALVÃO, 1994). Estas, no entanto, devem ser preparadas para cada região, pois os dados obtidos para uma região podem subestimar ou superestimar a necessidade de calcário em outra (SOUSA et al., 1980). A esse respeito, ALVAREZ V. et al. (1990b), adotando o critério proposto por RAIJ et al. (1979), observaram que em 21 solos de Minas Gerais atingiu-se, em média, o pH 5,68 em lugar de 6,0, como era esperado.

2.1.4. Saturação por bases

Este critério é utilizado principalmente nos Estados de São Paulo e Paraná. O critério de recomendação tem como princípio a correlação entre o pH e a saturação por bases do solo (CATANI e GALO, 1955) e preconiza a elevação desta a valores preestabelecidos, de acordo com a exigência das culturas. Com base neste princípio, RAIJ (1981) apresentou a seguinte fórmula para obter a necessidade de calagem:

$$NC = CTC [(V_2 - V_1)/100]$$

em que NC é expressa em t/ha de CaCO_3 ; V_1 é a saturação por bases atual do solo; e V_2 é a saturação por bases adequada para a cultura. O uso adequado desse critério exige, portanto, que se conheçam os valores de saturação por bases ideais para cada cultura e, se possível, para cada variedade ou cultivar.

Segundo ERNANI e ALMEIDA (1986), uma das limitações do critério da saturação por bases é a necessidade de determinação de H + Al pela extração com acetato de Ca, que é relativamente demorada. Entretanto, o H + Al pode ser determinado, indiretamente, por meio do pH_{SMP} , conseguindo-se maior rapidez nessa determinação, o que a viabiliza para laboratórios de rotina (QUAGGIO, 1983a, b; 1985, 1986; QUAGGIO et al., 1985).

Até recentemente, o valor de saturação por bases indicado para o cafeeiro no Estado de São Paulo era de 70% (RAIJ, 1981), recomendando-se, contudo, não aplicar mais de 5 t/ha de calcário por vez. A recomendação atual é de elevar a saturação por bases a 50% (RAIJ et al., 1996). Para solos do Estado de Minas Gerais, a saturação por bases recomendada é de 60% (CFSEMG, 1989), no entanto têm-se utilizado valores de até 70%. ALVAREZ V. et al. (1990b), estabelecendo doses de calcário para elevar a saturação por bases a 60%, em 21 solos de Minas Gerais, observaram que o critério recomendou, em média, 4,13 t/ha de calcário, sendo o valor médio de pH atingido de 5,84.

2.1.5. pH e teor de matéria orgânica

Em diversos trabalhos citados por DEFELIPO et al. (1972), tem sido enfatizada a importância da matéria orgânica do solo na determinação da necessidade de calagem, em virtude de sua influência sobre o poder-tampão e de sua correlação com a CTC. A eficiência de critérios de determinação da necessidade de calagem que empregam o teor de matéria orgânica do solo tem sido comprovada em trabalhos como os de KEENEY e COREY (1963), ROSS et al. (1964) e DEFELIPO et al. (1972). A partir desta comprovação, KEENEY e COREY (1963) propuseram a seguinte fórmula para estimar a necessidade de calagem:

$$NC = 1,6 (6,5 - pH) MO$$

Partindo do princípio de que num solo com pH 6,0 há precipitação total do Al^{3+} , DEFELIPO et al. (1972) propuseram a substituição do valor 6,5 por 6,0, na fórmula de KEENEY e COREY (1963). Assim, a necessidade de calagem

poderia ser estimada ao conhecer o valor do pH em água (relação solo:água 1:1) e o teor de matéria orgânica (MO), expressa em dag/kg, mediante o uso da seguinte equação:

$$NC = 1,6 (6,0 - \text{pH}) \text{ MO}$$

Trabalhando com dez solos de Minas Gerais, DEFELIPO et al. (1972) observaram que as necessidades de calagem estimadas por esse critério se correlacionaram significativamente com as estimadas por outros critérios. Entretanto, ALVAREZ V. et al. (1990b) observaram que tal critério superestimou a necessidade de calagem em 21 solos de Minas Gerais, pois recomendou, em média, 10,26 t/ha, elevando, em média, o pH a 6,46. Vale salientar que ALVAREZ V. et al. (1990a, b) trabalharam com solos com maior amplitude de variação nas características, especialmente matéria orgânica (que variou de 0,45 a 7,64 dag/kg), e o pH foi determinado na relação solo:água (1:2,5).

2.1.6. Incubação com CaCO₃

De acordo com RAIJ e BATAGLIA (1991), a incubação com CaCO₃ deveria ser o critério preferido para determinação das quantidades de calcário necessárias para elevar o pH do solo a um valor desejado, uma vez que, dentre os critérios de laboratório, é o que mais se aproxima das condições naturais. Entretanto, sua execução é trabalhosa e demorada, o que o inviabiliza para laboratórios de rotina de análise de solo. Apesar disto, é considerado o critério-padrão e é o empregado em trabalhos de pesquisa para correlação com outros critérios, operacionalmente mais viáveis.

Entretanto, de acordo com ALVAREZ V. et al. (1995), a utilização das curvas de incubação como método-padrão, por não considerar a produção vegetal, deixa sérias interrogações em relação ao seu uso como método de referência para recomendação de doses de corretivo que otimizem economicamente o uso do calcário.

Esse critério consiste na obtenção de curvas de neutralização, pela incubação de amostras de solos com doses crescentes de CaCO_3 , por um determinado tempo. As amostras são mantidas úmidas para favorecer a dissolução do CaCO_3 . Periodicamente, determina-se o pH das amostras de solo, até que haja estabilização. Os valores de pH de equilíbrio são relacionados com as doses de calcário, estabelecendo-se, assim, as curvas de neutralização dos solos. A partir destas, obtêm-se, por interpolação, as necessidades de calagem para qualquer valor de pH. Alguns autores (QUAGGIO, 1986; PAULA et al., 1991) alertam que durante o período de incubação a mineralização da matéria orgânica ocasiona o acúmulo de sais, o que deprime os valores de pH, podendo levar, portanto, a recomendações mais altas de calagem.

As curvas de incubação podem também ser definidas em função dos teores de Al, Ca e Mg trocáveis e da saturação por bases nas amostras de solo, ao final do período de incubação. Desta forma, elas podem ser utilizadas para estabelecer a quantidade de calagem necessária para neutralizar o Al^{3+} , assim como para atingir teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e valores de saturação por bases desejados (ALVAREZ V. et al., 1990a).

2.2. Calagem para o cafeeiro

2.2.1. Aspectos gerais

Em diversos trabalhos (CATANI e MORAES, 1958; CATANI, 1967; CATANI et al., 1967; LAZZARINI et al., 1975; GARCIA, 1983a), é evidenciada a exigência do cafeeiro pelos elementos Ca e Mg, que são, respectivamente, o terceiro e o quarto nutrientes mais absorvidos pelo cafeeiro em produção. Há uma grande necessidade de Ca, especialmente para o crescimento das raízes, como foi demonstrado por diversos trabalhos citados por MALAVOLTA (1986). De acordo com o autor, há ainda, no cafeeiro como um todo, aproximadamente quatro vezes mais Ca do que Mg, sendo no fruto a relação Ca/Mg geralmente igual a 1.

Segundo MALAVOLTA (1986), grande parte das plantações altamente produtivas do Estado do Paraná está localizada em solos cujo pH varia de 6,0 a 7,1, sendo o Ca a base predominante no complexo sortivo. Os cafezais medianamente produtivos aparecem em solos de pH entre 5,1 e 6,0 e aqueles de baixa produtividade estão situados em solos onde o pH varia de 4,6 a 5,1. Além disto, a análise foliar indica maiores teores de Ca nos cafezais de maior produtividade. Assim, diversos pesquisadores têm encontrado correlações altamente significativas entre a produtividade do cafeeiro, tanto com o teor de Ca^{2+} no solo como com o teor de Ca nas folhas (MALAVOLTA et al., 1977; MALAVOLTA, 1986; SANTINATO et al., 1986). SANTINATO et al. (1983) também observaram que o aumento da produção correlacionou-se com o aumento do Mg^{2+} a partir de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Em um cafezal adequadamente nutrido, o teor de Ca^{2+} no solo deve se aproximar de $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (SANTINATO et al., 1983; MATIELO, 1991) e o teor de Ca no terceiro e quarto pares de folhas de ramos produtivos, com frutos na fase de chumbinho, deve variar entre 1,3 e 1,5 dag/kg (Matielo et al., 1987, citados por BOLIVAR, 1993; BOLIVAR et al., 1993). GONÇALVES e FRANCO (1975) observaram sintomas de deficiência de Ca em plantas com teor foliar de 0,5 dag/kg, enquanto nestas condições a produção deveria estar sendo limitada pela carência de Ca.

Quanto ao Mg^{2+} , o teor adequado no solo está entre 0,15 e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ou entre 10 e 20% da CTC (SANTINATO et al., 1983; BOLIVAR et al., 1993), e na folha este seria 0,3 dag/kg (GARCIA, 1983a).

Diante de tais exigências da cultura, recomenda-se, de acordo com o IBC (1977), a calagem quando a soma dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} estiver abaixo de $2,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Neste caso, serão aplicadas 2 t/ha de calcário para cada $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ que se queira elevar, ou 1,5 a 2,0 t/ha de calcário para cada $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al^{3+} que se queira eliminar, quando o teor deste for superior a $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

2.2.2. Respostas do cafeeiro a doses de calcário

Vários pesquisadores encontraram efeitos benéficos da calagem sobre a produção do cafeeiro, devendo-se ressaltar que as doses relacionadas com aumentos significativos da produção dependem do tipo de solo, das características do calcário, da idade da planta e do método de aplicação. PAVAN e IGUE (1976) e CHAVES et al. (1984) observaram maiores produções em cafezais de dez anos, com a dose de 2,5 t/ha de calcário, em Latossolo Roxo distrófico e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com relações Ca:K, Ca:Mg e Mg:K de 13:1, 4:1 e 3:1, respectivamente. REIS et al. (1981) observaram, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico da Bahia, maior produção de café com aplicação de 300 g de calcário na cova mais 1,5 t/ha de calcário em cobertura, um ano após o plantio. GARCIA et al. (1980a) e GARCIA (1983a) constataram maior produção em um cafezal com cinco anos, cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de Minas Gerais, aplicando 4 t/ha de calcário com PRNT de 60,11%. SANTINATO et al. (1986) e VIANA et al. (1987) também conseguiram melhores resultados com a dose de 4 t/ha, aplicada em toda a área, associada ou não com a aplicação na cova. PEREIRA e SANTINATO (1978) observaram maiores produções com a dose de 800 g de calcário, aplicada na cova, correspondente a 16 t/ha de calcário com PRNT de 80%, em Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico distrófico de Minas Gerais.

A calagem, às vezes, não apresenta efeitos favoráveis no rendimento, principalmente nas primeiras colheitas, podendo haver até queda na produção com a aplicação de doses mais altas. Em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, SANTINATO et al. (1979) não observaram diferenças de produção nas duas primeiras colheitas, embora tenha havido tendência de maiores produções com as doses de 2 e 4 t/ha. Entretanto, observaram melhor aspecto vegetativo das plantas submetidas à calagem, fato também observado por VALENCIA e BRAVO (1981).

GARCIA et al. (1980b, a) verificaram, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de Minas Gerais, que 40 g/cova de MgO, aplicados via calcário dolomítico, e 20, 40 e 80 g de MgO, como magnesita, apresentaram a mesma eficácia na correção de deficiência de Mg em cafeeiros com dois anos. Do mesmo modo, LAZZARINI et al. (1975) verificaram que 50 g de calcário

dolomítico por cova foram suficientes para corrigir a deficiência de Mg em cafeeiros, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, tendo sido obtida produtividade média acima de 2.100 kg/ha de café em coco, em três biênios consecutivos.

Apesar dos efeitos positivos da calagem, observa-se, com freqüência, redução nos teores foliares de nutrientes como K, B, Cu, Zn e Mn (PEREIRA e SANTINATO, 1978; SANTINATO et al., 1979; CHAVES et al., 1984) com o aumento da dose de calcário aplicada, especialmente nos primeiros anos de cultivo.

2.2.3. Relação Ca:Mg para o cafeeiro

O suprimento de Ca e Mg para o cafeeiro está vinculado à aplicação de calcário, cuja qualidade influi decisivamente no seu crescimento e produção. Os calcários comercialmente disponíveis apresentam ampla variabilidade nos teores de Ca e Mg e no PRNT, devendo-se ressaltar que o uso sistemático de corretivos com baixo teor de Mg afeta a relação Ca:Mg do solo (MALAVOLTA, 1976; FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987).

Em diversos trabalhos (MOORE et al., 1961; COELHO e VERLENGIA, 1972; MALAVOLTA et al., 1976), tem sido evidenciado que o excesso de Ca, em relação ao Mg, na solução do solo prejudica a absorção deste pelas plantas, assim como o excesso de Mg também prejudica a absorção de Ca. Para os solos caulíníticos, Laroche (1976), citado por SILVA (1986), afirmou que a relação ideal entre Ca e Mg trocáveis no solo deve oscilar entre 4,0 e 6,0.

De acordo com GARCIA (1983a, b), a relação Ca:Mg é tão importante para o cafeeiro quanto a disponibilidade desses nutrientes no solo. Assim, podem ser obtidas maiores produções em solos com teores de Ca e Mg relativamente baixos do que em solos com altos teores, porém desequilibrados. No entanto, poucos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estabelecer as relações Ca:Mg ótimas para o crescimento e a produção do cafeeiro. SANTINATO et al. (1983) observaram, em Latossolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais, baixa correlação entre produtividade do cafeeiro e relação Ca:Mg no corretivo na faixa de 3 a 4, embora a maior produtividade tenha sido obtida com a relação igual a 5. Entretanto, GARCIA et al. (1980a) e GARCIA

(1983a) verificaram, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, também de Minas Gerais, decréscimo da produtividade e dos teores foliares de Mg a partir da relação Ca:Mg no solo igual ou superior a 5.

GARCIA (1983b), comparando relações Ca:Mg para mudas de cafeeiro em dois solos, verificou que as relações 2,52:1 e 3,08:1 no solo foram as que mais favoreceram o crescimento. De acordo com esses resultados, o cafeeiro responde bem ao corretivo com a relação Ca:Mg mais estreita, podendo aquelas muito amplas prejudicar a absorção de Mg, o que reduz o crescimento e a produção.

De acordo com o autor, a relação entre os teores foliares de Ca e Mg correlaciona-se satisfatoriamente com a produtividade, estando as maiores produtividades associadas a relações entre 3,3 e 3,4.

2.2.4. Comparação entre critérios para determinar a necessidade de calagem

As doses de calcário recomendadas para o cafeeiro, pelo critério de neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} mais Mg^{2+} (CFSEMG, 1989), têm sido, freqüentemente, superiores àquelas recomendadas pelo método da saturação por bases, com o propósito de atingir 60% (GUILHERME et al., 1992; ARAÚJO et al., 1993). ALVAREZ V. et al. (1990a, b) observaram que esses critérios se assemelharam quanto às doses de calcário recomendadas e quanto aos valores de pH e teores de Ca^{2+} obtidos em 21 solos de Minas Gerais. GUILHERME et al. (1992), ARAÚJO et al. (1993) e OLIVEIRA et al. (1994), utilizando a saturação por bases de 70%, também constataram que os dois critérios se aproximaram bem. As maiores recomendações advindas do critério neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ são atribuídas à utilização dos elevados valores de X e, ou, Y, associados aos baixos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ nos solos. Portanto, as maiores doses recomendadas pelo critério de saturação por bases, utilizando V_2 igual a 70%, ocorrem principalmente em solos com alta CTC e alto teor de matéria orgânica, associados à baixa saturação por bases. As recomendações advindas desses métodos têm sido significativamente correlacionadas entre si (ALVAREZ V. et al., 1990b; GUILHERME et al., 1992; ARAÚJO et al., 1993).

De acordo com PAULA et al. (1991), o critério de saturação por bases é considerado ideal para obter doses para a máxima eficiência econômica. Contudo, são necessários estudos regionais de calibração para estimar a saturação por bases adequadas para as culturas, as variedades e os cultivares. Para os solos de Minas Gerais, os valores de V_2 podem ser inferiores aos recomendados para São Paulo. Enquanto no Estado de São Paulo adota-se a saturação por bases de 70% como adequada para o cafeeiro (RAIJ, 1981), em Minas Gerais adota-se o valor de 60% (VIANA et al., 1987; 1990; Lopes e Guimarães, 1989, citados por GUILHERME et al., 1992). Também para milho e soja em solos sob cerrado, as aplicações de calcário realizadas, visando uma saturação por bases de 70% (RAIJ, 1981), têm, algumas vezes, elevado o pH a valores próximos à neutralidade, ocasionando deficiência de micronutrientes e queda na produtividade (SOUSA et al., 1989).

Os critérios da saturação por bases (RAIJ, 1981) e do SMP para pH 6,0 (RAIJ et al., 1979) geralmente têm recomendado, para uma grande diversidade de solos, quantidades bem próximas de calcário para o mesmo nível de correção da acidez do solo (SOUSA et al., 1980; QUAGGIO, 1983b, 1986; SOUSA et al., 1989). No entanto, para solos com maior CTC e maiores teores de Al^{3+} , a utilização do critério SMP para pH 6,0 pode resultar em recomendações de calagem mais elevada (ERNANI e ALMEIDA, 1986; PAULA et al., 1991). Para QUAGGIO (1983b, 1986), maiores divergências entre esses dois critérios ocorrerão também no caso de culturas pouco exigentes em calcário, como abacaxi, mandioca e arroz-de-sequeiro, pois com o critério da saturação por bases é possível ajustar a necessidade de calagem às exigências das culturas, o que não é possível pelo critério SMP.

Segundo QUAGGIO (1986), a redução nos teores de Al^{3+} pela calagem não é suficiente para explicar ganhos de produtividade para a maioria das culturas. Assim, em experimentos conduzidos em solos de São Paulo, com algodão, batatinha, girassol, milho, soja e triticale, o autor constatou que o critério que considera o Al^{3+} subestimou a necessidade de calagem para otimizar suas produções, enquanto os critérios SMP para pH 6,0 (RAIJ et al., 1979) e saturação por bases (RAIJ, 1981) foram muito eficientes. Resultados semelhantes foram obtidos por MIRANDA et al. (1980) e Raij et al. (1977), citados por LOPES (1983), com o critério SMP para pH 6,0 no cultivo de milho,

soja e sorgo, em solos sob cerrado. Entretanto, devem-se considerar as culturas pouco exigentes, como mandioca, abacaxi e batata, para as quais o critério da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ torna-se eficiente (PAULA et al., 1991).

De acordo com ALVAREZ V. et al. (1990a, b), para 21 solos de Minas Gerais, as variações do critério AICaMg, em uso no estado (CFSEMG, 1978, 1989), o de saturação por bases e o SMP apresentaram, em média, resultados semelhantes quanto à correção das deficiências de Ca. No entanto, os métodos usados em Minas Gerais levaram à melhor correção dos solos com os mais baixos teores de Ca^{2+} . O critério geralmente empregado em Minas Gerais (CFSEMG, 1978) também se assemelhou ao SMP, quanto às doses de calcário recomendadas e quanto aos valores de pH atingidos. Nestas condições, o critério que estima a necessidade de calagem, considerando o pH e o teor de MO, superestimou a dose necessária de calcário em 20 dos 21 solos estudados. Entretanto, este foi o único critério cujas doses estimadas se correlacionaram significativamente com aquelas obtidas com as curvas de incubação, para atingir pH 6,0.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com 14 amostras de solos, representativos das regiões produtoras de café do Estado de Minas Gerais (Quadro 1).

As amostras de solo, após a coleta, foram secas ao ar e passadas em peneira com malhas de 4,0 mm. Em seguida, subamostras de 1,0 dm³ foram passadas em peneira com malha de 2,0 mm e caracterizadas física, físico-química, química e mineralogicamente (Quadros 2, 3 e 4).

Os tratamentos consistiram da combinação fatorial entre os 14 solos e as sete doses de calcário, que foram distribuídos em um desenho experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Cinco doses de calcário foram definidas com base em diferentes critérios em uso, para determinar a necessidade de calagem dos solos. As outras duas corresponderam à testemunha e a uma dose adicional, escolhida de modo a melhor compor o espaço experimental (Quadro 5). Os critérios de recomendação utilizados basearam-se: na neutralização do Al³⁺ (AL), na solução-tampão SMP (SMP), na neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ (AlCaMg), na saturação por bases (V) e no teor de matéria orgânica e elevação do pH do solo a 6,0 (MO). No critério neutralização do Al³⁺, a necessidade de calagem (NC), expressa em t/ha de CaCO₃, foi estimada pela fórmula (CATANI e ALONSO, 1969): $NC = 0,08 + 1,22Al^{3+}$.

Quadro 1 - Procedência, profundidade, identificação e classificação das amostras de solo utilizadas

Procedência	Profundidade	Identificação	Classificação ^{1/}
	cm		
Manhuaçu	0 - 20	MHU _A	LVHd
Manhuaçu	40 - 60	MHU _B	LVHa
Viçosa	0 - 20	VSA _A	LU
Machado	0 - 20	MD1 _A	LEd
Patrocínio	0 - 20	PTR _A	LVd
Patrocínio	40 - 60	PTR _B	LVd
São Gotardo	0 - 20	SGO _A	Ca
Ponte Nova	0 - 20	PTN _A	PVd
Ponte Nova	40 - 60	PTN _B	PVd
Lavras	0 - 20	LAV _A	LRa
Machado	0 - 20	MD2 _A	LEd
São Sebastião do Paraíso	0 - 20	SSP _A	LRd
São Sebastião do Paraíso	40 - 60	SSP _B	LRd
Monte Santo	0 - 20	MTS _A	AQd

^{1/} LVHd - Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico distrófico; LVHa - Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico álico; LU - Latossolo Una; LEd - Latossolo Vermelho-Escuro distrófico; LVd - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; Ca - Cambissolo álico; PVd - Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico; LRa - Latossolo Roxo álico; LRd - Latossolo Roxo distrófico; e AQd - Areia Quartzosa distrófica.

No critério SMP, foram adotadas a relação solo:cloreto de cálcio:tampão 10:25:5 (RAIJ et al., 1979; QUAGGIO et al., 1985) e a tabela de doses para atingir pH 6,0, propostas por RAIJ et al. (1979). Para o critério neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺, a necessidade de calagem foi obtida pela fórmula (CFSEMG, 1989):

$$NC = Y Al^{3+} + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Os valores de Y variaram de 0 a 1 para os solos arenosos (0 a 15% argila), de 1 a 2 para os solos de textura média (15 a 35% argila), de 2 a 3 para os solos argilosos (35 a 60% argila) e de 3 a 4 para os solos muito argilosos (60 a 100% argila), de acordo com PAULA et al. (1991). Para X, adotou-se o valor 3 (CFSEMG, 1989).

Quadro 5 - Necessidade de calagem estimada por diferentes critérios de recomendação para 14 solos do Estado de Minas Gerais e doses adicionais (DA)

Solo	Critério ^{1/}					DA ^{2/}
	AL	SMP	AlCaMg	V	MO	
	----- t/ha -----					
MHU _A	1,80	2,70	4,95	5,10	11,00	8,00
MHU _B	1,46	4,40	5,13	6,02	8,94	3,00
VSA _A	0,80	3,20	3,49	4,40	7,76	6,00
MD1 _A	0,05	1,40	1,64	2,47	3,40	5,00
PTR _A	0,45	1,80	3,81	3,83	8,04	6,00
PTR _B	0,11	0,70	3,16	1,86	3,77	5,00
SGO _A	6,45	7,60	16,76	5,40	6,35	12,00
PTN _A	0,60	1,80	2,87	2,48	2,02	4,00
PTN _B	0,65	1,10	3,67	2,08	1,30	5,00
LAV _A	1,35	3,20	5,84	4,64	9,40	7,00
MD2 _A	0,26	2,20	2,75	3,33	5,57	4,30
SSP _A	0,30	2,20	2,81	3,40	4,11	5,50
SSP _B	0,05	0,90	2,81	1,86	1,80	4,00
MTS _A	0,20	0,30	1,88	1,25	0,77	3,00

^{1/} Doses definidas de acordo com os seguintes critérios para recomendação da necessidade de calagem: AL: neutralização do alumínio trocável; SMP: solução-tampão SMP para elevar o pH do solo a 6,0; AlCaMg: alumínio e cálcio mais magnésio trocáveis; V: saturação por bases a 70% e MO: pH e teor de matéria orgânica para elevar o pH do solo a 6,0.

^{2/} Doses adicionais utilizadas para melhor compor o espaço experimental.

Para o critério da saturação por bases, utilizou-se a fórmula:

$$NC = CTC [(V_2 - V_1)/100]$$

em que V_1 é a saturação por bases atual do solo; e V_2 é igual a 70% (RAIJ, 1981).

No critério que considera o pH atual do solo e o teor de matéria orgânica (MO), expresso em dag/kg, a necessidade de calagem foi estimada pela fórmula (DEFELIPO et al., 1972):

$$NC = 1,6(6 - \text{pH}) \text{ MO}$$

O calcário utilizado consistiu da mistura de carbonato de cálcio (CaO = 54,6%) e carbonato de magnésio (MgO = 39,3%) comerciais, na relação molar entre Ca²⁺ e Mg²⁺ de 4:1.

Na primeira etapa do experimento, as doses de calcário foram adicionadas a 7 dm³ de cada solo, que foram acondicionados em sacos plásticos sem orifícios de drenagem. Os volumes de solo calcariado foram incubados por 30 dias, com sua umidade sendo mantida próximo à capacidade de campo, por meio de adições periódicas de água destilada.

Após o período de incubação, foram coletadas amostras de cada unidade experimental, que foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2,0 mm. Estas amostras foram analisadas quimicamente, determinando-se o pH em água (1:2,5); a acidez potencial (H + Al) extraída em acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; os teores de Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos em KCl 1 mol/L; e o K disponível extraído em Mehlich-1. Foram calculadas a soma de bases (SB), a CTC e a saturação por bases (V).

Na segunda etapa do experimento, subamostras de 5,0 dm³ dos solos incubados foram novamente passadas em peneira com malha de 4,0 mm. Depois de adubadas, as subamostras de solo foram acondicionadas em vasos plásticos com capacidade para 6 dm³, sem orifícios de drenagem, nos quais foram cultivadas plantas de café durante 12 meses. Durante o crescimento, os vasos foram irrigados diariamente, aplicando-se água destilada na superfície do solo, de modo que o seu teor de umidade fosse mantido próximo a 80% da capacidade de campo. O monitoramento do teor de umidade do solo foi feito periodicamente, por meio da pesagem dos vasos.

Plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da linhagem "Catuaí Vermelho" CH 2077-2-5-44 foram obtidas em casa de vegetação, a partir de sementes germinadas em leito de areia lavada. Ao atingirem o estágio de "brelha-de-onça", quatro plântulas foram transplantadas para cada vaso, de modo que eles fossem o mais uniforme possível em cada bloco. Após dois desbastes, realizados aos 15 e 30 dias após o transplântio, respectivamente, foram deixadas as duas plantas mais uniformes em cada vaso.

O solo de cada vaso foi adubado com os macro e micronutrientes. Aplicaram-se 300 mg/dm³ de N e 270 mg/dm³ de S. As doses de K foram

estabelecidas de modo a elevar os teores disponíveis no solo a 150 mg/dm^3 . As doses de P variaram entre 350 e 550 mg/dm^3 , tendo sido estabelecidas com base no valor de $P\text{-rem}_{60}$ (ALVAREZ V. et al., s.d.p.). O P e o K foram aplicados de uma única vez, oito dias antes do transplântio, juntamente com 70 mg/dm^3 de N e 50 mg/dm^3 de S. O restante das doses de N e S foi aplicado em cobertura, por meio de soluções, em 18 parcelas iguais. O P foi fornecido como superfosfato triplo (37% P_2O_5 solúvel em água) e os demais macronutrientes, pelos sais NH_4NO_3 , $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4 , KCl e Na_2SO_4 , p.a. Foram também aplicados $0,81 \text{ mg/dm}^3$ de B, $3,66 \text{ mg/dm}^3$ de Mn, $4,0 \text{ mg/dm}^3$ de Zn, $1,33 \text{ mg/dm}^3$ de Cu, $1,56 \text{ mg/dm}^3$ de Fe quelado com EDTA e $0,15 \text{ mg/dm}^3$ de Mo, utilizando como fontes os sais H_3BO_3 , $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $ZnCl_2$, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ e $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ p.a. (ALVAREZ V., 1974). As doses de micronutrientes foram aplicadas em cobertura, fracionadas em seis parcelas iguais, sendo a primeira aplicada por ocasião do transplântio.

Aos 12 meses de cultivo, coletaram-se o terceiro e quarto pares de folhas de cada ramo das plantas. Em seguida, estas foram cortadas rente ao solo, colhendo-se a parte aérea e o sistema radicular. O material vegetal foi, então, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 70°C , até peso constante. A matéria seca total da planta correspondeu à soma dos pesos secos das folhas, dos ramos, do caule e das raízes.

A matéria seca foliar, após a pesagem, foi moída em moinho tipo Willey e passada por peneiras de 20 mesh ($0,841 \text{ mm}$), para ser analisada. O material vegetal foi submetido à digestão nítrico-perclórica, e nos extratos procederam-se às determinações dos teores de Ca, Mg e K. O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o K, por fotometria de emissão de chama.

Diante da heterogeneidade entre solos, procedeu-se à análise de variância individual, para cada solo. O efeito das doses de calcário foi avaliado por meio de equações de regressão, relacionando as variáveis de respostas do solo e da planta às doses de calcário aplicadas. As equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 10% de probabilidade, pelo teste F, e no maior valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2).

Com base nas equações de regressão que relacionaram o pH dos solos com as doses de calcário (curvas de neutralização), estimaram-se aquelas doses necessárias para atingir pH 6,0. A partir das equações de regressão ajustadas, estimaram-se os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al e os valores de saturação por bases correspondentes à dose de calcário necessária para atingir pH 6,0.

Quando possível, estimou-se a produção máxima de matéria seca total a partir das equações de regressão que relacionaram a produção de matéria seca total com as doses de calcário. Para o solo em que esta relação ajustou-se a uma equação de regressão linear, adotou-se como produção máxima de matéria seca total aquela obtida com a maior dose de calcário. A partir das equações de regressão ajustadas, estimaram-se a dose de calcário, o pH, os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al e os valores de saturação por bases correspondentes a 95% da produção máxima de matéria seca total. Do mesmo modo, foram estimados os teores foliares de Ca, Mg e K, associados a 95% da produção máxima de matéria seca total.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Em experimento conduzido em casa de vegetação, objetivou-se determinar a necessidade de calagem para o crescimento inicial do cafeeiro em 14 amostras de solos, representativos das regiões produtoras de café do Estado de Minas Gerais, por meio da avaliação dos efeitos das doses de calcário recomendadas por diferentes critérios sobre o crescimento inicial e a composição mineral de plantas jovens de café.

Os tratamentos consistiram da combinação fatorial entre os 14 solos e as sete doses de calcário, que foram distribuídos em um desenho experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Cinco doses de calcário foram definidas com base nos critérios neutralização do Al^{3+} (AL), solução-tampão SMP (SMP), neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (AlCaMg), saturação por bases (V) e teor de matéria orgânica e elevação do pH do solo a 6,0 (MO). As outras duas corresponderam à testemunha e a uma dose adicional, para melhor compor o espaço experimental.

Sete dm^3 de cada solo foram incubados com as respectivas doses de calcário, por 30 dias. Após este período coletaram-se amostras dos solos, para determinar: pH em água (1;2,5), H + Al em acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} extraídos com KCl 1 mol/L e K disponível extraído com Mehlich-1. Calcularam-se a soma de bases (SB), a CTC e a saturação por bases (V).

Subamostras de 5,0 dm³ dos solos incubados foram acondicionadas em vasos, onde foram cultivadas duas plantas de café (*Coffea arabica* L.) da linhagem "Catuaí Vermelho", durante 12 meses. Ao fim do cultivo, coletaram-se o terceiro e quarto pares de folhas de cada ramo das plantas. Em seguida, essas foram cortadas rente ao solo, colhendo-se a parte aérea e o sistema radicular, determinando-se o peso da matéria seca a 70°C, em estufa com circulação forçada de ar. A matéria seca foliar foi submetida à digestão nítrico-perclórica, e nos extratos determinaram-se os teores de Ca, Mg e K.

Procedeu-se à análise de variância, individualmente, para cada solo. Os efeitos das doses de calcário foram avaliados por meio de equações de regressão ajustadas com as variáveis de respostas, em função das doses de calcário aplicadas. As melhores equações de regressão foram selecionadas com base no maior valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2) e na significância dos coeficientes de regressão até o nível de 10% de probabilidade, pelo teste F. Com base nas equações de regressão ajustadas entre o pH dos solos e as doses de calcário (curvas de neutralização), estimaram-se as doses necessárias para atingir pH 6,0. A partir das respectivas equações de regressão ajustadas, estimaram-se os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al e os valores de saturação por bases correspondentes a estas doses. Estimaram-se, também, as produções, as doses de calcário, o pH, os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e H + Al, os valores de saturação por bases e os teores foliares de Ca, Mg e K correspondentes a 95 % da produção máxima de matéria seca total.

As doses de calcário estimadas pelos critérios estudados correlacionaram-se com as doses necessárias para atingir pH 6,0, estimadas a partir das curvas de neutralização. No entanto, apenas o critério que visa a neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ a 3 cmol_c/dm³ e o critério que visa elevar a saturação por bases a 70% recomendaram, para o grupo de solos estudados, doses de calcário que tenderam a se aproximar daquelas estimadas para atingir pH 6,0.

As doses de calcário estimadas pelos diferentes critérios também correlacionaram-se com as doses necessárias para atingir 95% da produção máxima de matéria seca total de plantas de café. O critério que visa

unicamente neutralizar o Al^{3+} foi o único que, em geral, subestimou estas doses. Os demais critérios, sobretudo o que considera o pH do solo e o teor de matéria orgânica, tenderam a superestimá-las. Esses resultados indicam que as plantas de café, em seu estágio inicial de crescimento, têm menor exigência de calcário, em relação às aquelas recomendadas pelos critérios utilizados neste estudo, e que na avaliação de critérios para determinação da necessidade de calagem deve-se considerar a resposta da cultura à dose de calcário como critério de referência, levando em consideração seu estágio de desenvolvimento.

Finalmente, os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o critério que visa elevar a saturação por bases a 70% e o critério que visa a neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , mais utilizados em Minas Gerais, tenderam a recomendar, para o grupo de solos estudados, doses de calcário mais próximas daquelas estimadas para o crescimento inicial ótimo do cafeeiro. Isso comprova a adequação desses critérios para o cálculo da necessidade de calagem para a cultura, bastando tão somente ajustar, de acordo com o solo, os valores de X e de V_2 , para essa fase de desenvolvimento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V.H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais**. Viçosa-MG: UFV, 1974. 125p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1974.
- ALVAREZ V., V.H., DIAS, L.E., OLIVEIRA, J.A. Uso do fósforo remanescente para estimar o valor de Y para o cálculo da necessidade de calagem dos solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p.97-98.
- ALVAREZ V., V.H., DIAS, L.E., SANTOS, A.R. dos. Solos corrigidos com doses estimadas a partir de diferentes critérios para definir a necessidade de calagem. 2. Teores de Ca^{2+} e Al^{3+} . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, 1989, Recife. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1990a. p.276-77.
- ALVAREZ V., V.H., DIAS, L.E., SANTOS, A.R. dos. Solos corrigidos com doses estimadas a partir de diferentes critérios para definir a necessidade de calagem. 1. Valores de pH. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, 1989, Recife. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Sol, 1990b. p.278-279.
- ALVAREZ V., V.H., MELLO, J.W.V. de, DIAS, L.E. **Acidez do Solo**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior-ABEAS, 1995. 61p. (Curso de Fertilidade e Manejo de Solos).
- ALVAREZ V., V.H., DIAS, L.E., OLIVEIRA, J.A. **Determinação do fósforo remanescente (Prem)**. Viçosa-MG: UFV (s.d.p.).

- AMEDEE, G., PEECH, M. Liming of highly weathered soils of soils of the humid tropics. **Soil Sci.**, Baltimore, v.121, n.5, p.259-266, 1976.
- ARAÚJO, J.M., MOREIRA, M., OLIVEIRA, L.C., SANTOS, D.M.U., VALE, F.R. GUILHERME, L.R.G. Necessidade de calcário para a cultura do cafeeiro por diferentes métodos de recomendação em solos de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, 1993. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. 3 v. p. 93-94.
- ARAÚJO, J.P. de. **Efeito da calagem na produção de matéria seca de soja (*Glycine max L. Merrill*) em três latossolos sob cerrado: quantidade e relação CaO:MgO do corretivo.** Lavras: ESAL, 1977. 65p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, 1977.
- BOLIVAR, G.B. **Efeitos de calcário, gesso e superfosfato triplo sobre a movimentação de cálcio, magnésio, enxofre e fósforo e o crescimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica L.*).** Viçosa-MG: UFV, 1993. 136p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- BOLIVAR, G.B., ALVAREZ V., V.H., RIBEIRO, A.C., NOVAIS, R.F. de. Movimentação de cálcio, magnésio, alumínio e enxofre pela adição de calcário e gesso no plantio do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 19, Três Pontas-MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ 1993, p. 91-95.
- BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos.** 5.ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 647p.
- CATANI, R.A., ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.26, p.141-156, 1969.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do estado de São Paulo mediante a correlação entre o pH e saturação de bases. **R. Agric.**, Piracicaba, v.30, p.49-60, 1955.
- CATANI, R.A., MORAES, F.R.P. de. A composição química do cafeeiro. **R. Agric.**, Piracicaba, v.33, n.1, p.45-52, 1958.
- CATANI, R.A. Composição mineral do cafeeiro. **Experimentação cafeeira.** Campinas: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto Agrônômico, 1967. p.218-226.

- CATANI, R.A., PELLEGRINO, D., BITTENCOURT, V.C., JACINTHO, A.O., GRANER, C.A.F. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro *Coffea arabica* L. var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy aos dez anos de idade. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.24, p.97-106, 1967.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3ª aproximação**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1978, 80p.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras, 1989, 159p.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1.ed. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1987. 100p.
- CHAVES, J.C.D., PAVAN, M.A., IGUE, K. Resposta do cafeeiro à calagem. **Pesq. Agr. Bras.**, Brasília, v.19, n.5, p.573-82, 1984.
- CIPRANDI, M.A.O., TEDESCO, M.J., BISSANI, C.A. Avaliação de métodos de recomendação de corretivo para solos ácidos com baixo teor de argila. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, 1993. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. 3 v. p. 89-90.
- COELHO, F.S., VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. 384p.
- COLEMAN, N.T., THOMAS, G.W. The Basic Chemistry of Soil Acidity. In: PEARSON, R. W. e ADAMS, F. (Ed.) *Soil Acidity and Liming*, Madison, **Agronomy**, v.12, p.1-34, 1967.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo** (metodologia). Viçosa-MG: UFV, 1991. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- DEFELIPO, B.V., BRAGA, J.M., SPIES, C. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, v.13, n.4, p.111-136, 1972.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS-Embrapa-SNLCS.. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1979, s.d.p.

- ERNANI, P.R., ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. **R. bras. Ci. Solo**, v.10, p.43-150, 1986.
- FAQUIM, V., VALE, F.R. Toxidez de alumínio e manganês. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.17-28, 1991.
- FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos com énfasis en suelos de América Latina**. 2.ed. rev. San José, Costa Rica: IICA, 1987. 420p.
- FOX, R.L., YOST, R.S., SAIDY, N.A., KANG, B.T. Nutritional complexities associated with pH variables in humid tropical soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.49, p.1475-1480, 1985.
- FRANCELINO, M.R., OLIVEIRA, M. Variabilidade na estimativa da necessidade de calagem em solos representativos dos tabuleiros costeiros do Estado do Rio Grande do Norte e parte do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- FREIRE, F.M., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V. V.H., MELLES, C.C.A. **Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 20p. (Boletim Técnico, 11).
- FREITAS, L.M.M., PRATT, P.F., VETTORI, L. Testes rápidos para estimar a necessidade de calcário de alguns solos de São Paulo. **Pesq. Agr. Bras.**, Rio de Janeiro, v.3, p.59-164, 1968.
- GALVÃO, F. de A.D. **Propriedades químicas e calibração do método SMP para solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas:UFP, 1994. 110p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Pelotas, 1994.
- GARCIA, A.W.R. Calagem para o cafeeiro. In: RAIJ, B., VAN BATAGLIA, O.C., SILVA, N.M. (Coords.) **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983a. p.309-19.
- GARCIA, A.W.R. Calagem para o cafeeiro. In: MALAVOLTA, E. et al. (Coords.) **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983b, p.103-116.
- GARCIA, A.W.R., CORREA, J.B., FREIRE, C.F. Levantamento das características químicas dos solos e estado nutricional das lavouras cafeeiras do Sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983a. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983a. p.5-8.

- GARCIA, A.W.R., MARTINS, M., FIORAVANTE, N. Doses crescentes de calcário na formação do cafeeiro em LV, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8., Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**, Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980a. p.38-41.
- GARCIA, A.W.R., MARTINS, M., FIORAVANTE, N. Fontes e modos de correção da deficiência de magnésio em cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8., Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**, Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980b. p.53-5.
- GARCIA, A.W.R., TOLEDO, A.R., GUERRA NETO, E.G., MATA, J.M. Estudo de fontes e doses de magnésio no plantio e formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983b, p.151-2.
- GOEDERT, W.J., SOUZA, D.M.G., SCOLARI, D.D.G. Critérios para Recomendação de Calagem e Adubação. In: OLIVEIRA, A.J. de, GARRIDO, W.E., ARAÚJO, J.D. de, LOURENÇO, S. (Coords.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991, p.363-392.
- GONÇALVES, J.C., FRANCO, C.M. Deficiência de cálcio em cafezal do Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 3., Curitiba, 1975. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1975. p.110-1.
- GUILHERME, L.R.G., VALE, F.R., ARAÚJO, J.M., MOREIRA, M., OLIVEIRA, L.C., SANTOS, D.M.U., CORRÊA, J.B. Necessidade de calcário para a cultura do cafeeiro no Estado de Minas Gerais: Comparação entre métodos de recomendação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 18, Araxá, 1992. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1992, p.97-99.
- GUIMARÃES, P.T.G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba 1992. **Anais...** São Paulo: Gráfica, 1992. p.175-190.
- GUIMARÃES, T.G. **Efeitos de níveis de calagem e relações Ca:Mg em rami (*Boehmeria nivea* Gaud.)**. Viçosa-MG: UFV, 1994. 118p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- IBC - INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBC, 1977. s.n.p.
- JONES JR., J.B., WOLF, B., MILLS, H.A . **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

- KAMINSKY, J. **Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 96 p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- KAMPRATH, E.J. **A acidez do solo e a calagem**. Porto Alegre: Série Internacional de Análise de Solos, 1967. 23p. (Boletim Técnico, 4).
- KAMPRATH, E.J. Crop response to lime on soils in the tropics. In: ADAMS, F., ed. **Soil acidity and liming**. Madison: SSSA, 1984. p.349-68.
- KAMPRATH, E.J. Exchange aluminum as a criterion for liming on leached mineral soil. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.** , Madison, v.34, p.252-254, 1970.
- KEENEY, D.R., COREY, R.B. Factors affecting the lime requirements on Wisconsin soils. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, v.27, p.277-380, 1963.
- KÜPPER, A Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: YAMADA, T. (Ed.) **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1983, p.27-54.
- LAZZARINI, W., MORAES, F.R.P., CERVELLINI, G.D.S., TOLEDO, S.V., FIGUEIREDO, J.I., JUNQUEIRA, A.R., GONAGIN, A., FRANCO, C.M. Cultivo de café em Latossolo Vermelho-Amarelo da região de Batatais, SP. **Bragantia**, v.34, n.14, p.229-239, 1975.
- LIN, C., COLEMAN, N.T. The measurement of exchangeable aluminium in soils and clays. Madison, **Proc. Soil Sci. Soc. Am.** , v.24, n.4, p.444-47, 1960.
- LOPES, A.S. A calagem em solos sob cerrado. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C., SILVA, N.M. da. **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.49-61.
- MALAVOLTA, E. FERNANDES, D.R., ROMERO, J.P. Seja doutor do seu cafezal, **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.64, p.12, 1993.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. 2.ed. São Paulo: Ed. Agrônômica CERES, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B. et al. (Eds.) **Cultura do cafeeiro** - Fatores que afetam a produtividade. SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássia e do Fósforo, 1986. p.165-264.

- MALAVOLTA, E., DANTAS, J.P., ROMERO, J.P., NOGUEIRA, F.D. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. XXXVI Relação entre cálcio e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5., Guarapará, 1977. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977, p.44.
- MALAVOLTA, E., SOUZA, A.F., TUNIN, G.S., DANTAS, J.P., AQUINO, B.F., FOLONI, L.L., MOREIRA, E.G.S., LIMA, F.A.M., CHAVES, I., KEFALÁS, J.F., FERREIRA, J.F., CAVALCANTI, G.A., MOTA, F.O.B., VALLE, E.C. Absorção de cálcio e fósforo por raízes destacadas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) var.IAC-2. **Anais da ESALQ...** Piracicaba, v.33, p.543-554, 1976.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant.** 2.ed. New York: Academy Press, 1995, 889p.
- MATIELO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo.** São Paulo: Globo, 1991. 319p.
- McLEAN, E.O., DUMFORD, S.W., CORONEL, F. A comparison of Several Methods of Determining Lime requirements of Soils. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v.30, p.26-34p, 1966.
- MIELNICZUK, J., LUDWICK, A., BOHNEN, H. **Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1969. 38p. (Boletim Técnico, 2).
- MIRANDA, L.N. de, MIELNICZUK, J., LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: MARCHETTI, D., MACHADO, A.D. (Coords.). V Simpósio sobre o Cerrado: Ed. Editerra, 1980. p.523-578.
- MOORE, D.P., OVERSTREET, R., JACOBSON, L. Uptake of magnesium and its interaction with calcium in excised barley roots. **Pl. Physiol.**, Rockville, v.36, n.3, p.290-295, 1961.
- NOVAIS, R.F. de, NEVES, J.C.L., BARROS, N.F. de. Ensaio em Ambiente Controlado. In: OLIVEIRA, A.J. de, GARRIDO, W.E., ARAÚJO, J.D. de, LOURENÇO, S. (Eds.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991, p.189-253.
- OLIVEIRA, J.A., ALVAREZ V. V.H., FERNANDES FILHO, E.I., TEIXEIRA, J.L. Características químicas de solos cultivados com café, afetadas pela calagem na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 20., Guarapará, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. p.93-7.

- PAULA, M.B. de, ALVAREZ V., V.H., NOGUEIRA, F.D. Determinação da necessidade de calagem dos solos. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.45-55, 1991.
- PAVAN, M.A., IGUE, K. Estudos de calagem em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4, Caxambu, 1976. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1976. p.41.
- PEREIRA, J.E., SANTINATO, R. Efeito de níveis de calagem em Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico sobre o desenvolvimento do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6., Ribeirão Preto, 1978. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1978. p.377-80.
- QUAGGIO, J.A. **Crítérios para calagem em solos do estado de São Paulo.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz "Luiz de Queiróz", 1983a. 76p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1983a.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação de calagem em solo. In: RAIJ, B. van, BATAGLIA, O.C., SILVA, N.M. da (Coords.). **Acidez e Calagem no Brasil.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983b. 33-48p.
- QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1, 1986, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1986. p.53-89.
- QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: MALAVOLTA, E. (Coord.) **Seminário sobre corretivos agrícolas.** Campinas: Fundação Cargil, 1985. p.123-57.
- QUAGGIO, J.A., RAIJ, B. VAN, MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP buffer solution to determine lime requirement of soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.16, p.245-260, 1985.
- RAIJ, B. VAN **Avaliação de fertilidade do solo.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. VAN, BATAGLIA, C.O. Análise de laboratório. In: OLIVEIRA, A.J. de (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: Embrapa-SEA, 1991, p.81-102.
- RAIJ, B. VAN, CAMARGO, A P., CANTARELLA, H., SILVA, N.M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, Campinas, v.42, n.13, p.149-156, 1983.

- RAIJ, B. VAN, CANTARELLA, H., ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.38, n.7, p.57-69, 1979.
- RAIJ, B. VAN, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. VAN, QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 170p.
- REIS, G.N. dos, MATIELLO, J.B., SANTINATO, R. Doses e modo de aplicação de calcário na formação do cafeeiro na região do Planalto de Vitória da Conquista-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9, São Lourenço, 1981. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1981. p.69-71.
- RESENDE, M., BAHIA FILHO, A.F.C., BRAGA, J.M. Mineralogia da argila de latossolos estimada por alocação a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.11, p.17-23, 1987.
- ROSS, J., LAWTON, K., ELLIS, B. Lime requirements related to physical chemical properties of nine Michigan soils. **Proc. Soil Sci. Soc. Am**, Madison, v.28, n.2, p.209-213, 1964.
- SANTINATO, R., BARROS, U.V., FIGUEIREDO, J.P. Efeitos de diferentes calcários na produção do cafeeiro em solo LVA-Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983. **Anais...** p.18-20.
- SANTINATO, R., MATIELLO, J.B., PREGELLI, H., COSTA, E.C. Doses crescentes e modo de calagem dolomítica na formação do cafeeiro em solo LVA fase arenosa em Bandeirantes, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13, São Lourenço, 1986. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1986. p.59-60.
- SANTINATO, R., PEREIRA, J.E., OLIVEIRA, J.A., SILVA, O.A. Calagem em doses crescentes e em cobertura na formação do cafeeiro em solo LVA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 7, Araxá, 1979. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1979, p.337-41.
- SCHOEMAKER, H.W., McLEAN, E.O., PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soil with appreciable amounts of extractable aluminum. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, v.25, n.4, p.274-277, 1961.

- SILVA, D.J. da. **Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para a produção de mudas de eucalipto.** Viçosa-MG: UFV, 1986. 53p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- SOUSA, D.M.G. de, MIRANDA, L.N. de, LOBATO, E., CASTRO, L.H.R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos sob cerrados. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.13, p.93-198, 1989.
- SOUSA, D.M.G., MIRANDA, L.N., LOBATO, E., KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos do cerrado de Goiás e do Distrito Federal. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.4, p.144-148, 1980.
- SUMNER, M.E. Procedures used for diagnosis and correction of soil acidity: A critical review. In: MONIZ, A.C., FURLANI, A.M.C., SCHAFFERT, R.E., FAGERIA, N.K., ROSOLEM, C.A., CANTARELLA, H. (Coords.) **Plant-soil interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production.** Campinas-SP/Viçosa-MG: SBCS, 1997. p.195-204.
- TUCCI, C.A.F. Seleção de métodos de laboratório para a estimativa da necessidade de calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- VALENCIA, G.A., BRAVO, E.J.G. Influencia de enclamiento en la producción de cafetales establecidos. **Cenicafé**, v.32, n.1, p.3-14, 1981.
- VIANA, A.S., GARCIA, A.W.R., LACERDA, M.P., ANDRADE, P.C. Estudo sobre calagem complementar em cafezal, em solo LEd fase cerrado, em áreas com seis níveis de calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14. Campinas, 1987. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1987. p.219-25.
- VIANA, A.S., MAMTA, J.M., FIORAVANTE, N. Estudo de níveis de saturação de bases (V %) e modo de calagem e gessagem na formação e condução de cafeeiro em solo LED, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1990, p.135-9.

APÊNDICE

Quadro 15A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo MHU_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	1.383,69**	0,01	0,02	0,50**
Tratamentos	6	642,60*	0,06	0,01	0,02
Resíduo	12	178,68	0,04	0,01	0,03
CV (%)		14,46	13,08	15,55	28,69

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 16A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo MHU_B

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	454,32	0,04	0,03*	1,29**
Tratamentos	6	840,87**	0,19 ^o	0,01	0,27 ^o
Resíduo	12	165,15	0,07	0,005	0,11
CV (%)		31,89	20,20	19,13	27,28

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 17A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo VSA_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	533,89	0,24	0,02	0,10*
Tratamentos	6	653,36	0,27	0,10**	0,06*
Resíduo	12	329,04	0,13	0,01	0,02
CV (%)		21,18	21,72	19,96	24,12

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 18A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo MD1_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	70,26 ⁰	0,29**	0,03**	1,95**
Tratamentos	6	42,10	0,04	0,006	0,14 ⁰
Resíduo	12	22,92	0,02	0,004	0,05
CV (%)		38,90	10,69	16,06	18,34

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 19A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo PTR_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	1.236,14*	0,02	0,02	1,73**
Tratamentos	6	166,02	0,05	0,05*	0,24
Resíduo	12	240,34	0,04	0,02	0,21
CV (%)		35,18	14,70	30,67	47,08

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 20A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo PTR_B

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	229,31*	0,22 ⁰	0,006	1,06**
Tratamentos	6	528,00**	0,08	0,009	0,04
Resíduo	12	42,75	0,06	0,003	0,05
CV (%)		20,58	18,32	20,02	27,43

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 21A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo SGO_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	974,55*	0,20*	0,04**	0,29**
Tratamentos	6	780,54**	0,22**	0,02**	0,01
Resíduo	12	157,44	0,04	0,002	0,01
CV (%)		14,52	13,42	9,40	17,78

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 22A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo PTV_A.

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	45,25	0,30*	0,03*	0,09*
Tratamentos	6	98,91	0,20*	0,03**	0,02
Resíduo	12	68,66	0,06	0,005	0,02
CV (%)		12,54	15,52	15,37	30,46

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 23A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo PTV_B

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	176,35 ^o	0,41**	0,006	0,02*
Tratamentos	6	76,4	0,03	0,05**	0,02*
Resíduo	12	53	0,05	0,003	0,005
CV (%)		10,43	14,68	20,89	19,29

^{1/}o, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 24A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo LAV_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	94,36	0,73**	0,006	0,16 ^o
Tratamentos	6	340,24*	0,16	0,11**	0,04
Resíduo	12	105,06	0,09	0,008	0,05
CV (%)		14,46	17,00	18,73	36,49

^{1/}o, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 25A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo MD2_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	523,01*	0,14 ^o	0,006	0,08**
Tratamentos	6	254,12 ^o	0,18*	0,04**	0,007
Resíduo	12	106,53	0,05	0,004	0,007
CV (%)		12,73	12,34	14,43	20,59

^{1/}o, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 26A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo SSP_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	1.723,50*	0,47**	0,0008	0,26**
Tratamentos	6	1.692,88**	0,07	0,02**	0,07**
Resíduo	12	295,73	0,06	0,002	0,01
CV (%)		24,40	16,00	11,19	18,47

^{1/}o, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 27A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo SSP_B

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	984,84*	0,06	0,001	0,04*
Tratamentos	6	486,20 ^o	0,18**	0,03**	0,002
Resíduo	12	207,36	0,03	0,004	0,01
CV (%)		24,60	13,70	25,93	19,01

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 28A - Análise de variância para valores de matéria seca total (MS) e concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em folhas do terceiro e quarto pares, em resposta às doses de calcário no solo MTS_A

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}			
		MS	Ca	Mg	K
Blocos	2	414,46**	0,04	0,001	0,08**
Tratamentos	6	92,4	0,31*	0,02*	0,006
Resíduo	12	55,12	0,08	0,005	0,01
CV (%)		11,68	17,26	18,44	22,94

^{1/0}, * e ** Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.