

MARIHUS ALTOÉ BALDOTTO

**MANEJO DA CALAGEM E GESSAGEM PARA O
CAFEIRO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
DE PATROCÍNIO, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

Ao Deus criador

Aos meus pais e meu irmão

A Lílian

Ao meu afilhado Mário João

AGRADECIMENTO

Aos meus pais e meu irmão, meus eternos amores e pessoas essenciais em minha vida, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Por todo amor e carinho, dedico a Lílian todo meu esforço para evoluir como ser humano e cientista.

Ao meu afilhado Mário João, pelas horas de felicidade e encantamento, com a alegria de vê-lo crescendo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos pela oportunidade ímpar e contribuição pessoal.

À Capes, pela concessão da bolsa.

Ao Professor Víctor Hugo Alvarez Venegas, verdadeiro e inesquecível mestre, pela orientação de forma tranqüila e amiga, pelas responsabilidades concedidas e incansáveis sugestões, essenciais para a boa condução e melhoria desse trabalho.

Agradeço ao Professor José Augusto Teixeira do Amaral, pela iniciação científica e confiança.

Ao Dr. Francisco Morel Freire, que tomou frente na instalação do experimento e auxiliou-me em todas as etapas com gentileza e cordialidade. Meus agradecimentos.

À Epamig de Patrocínio – MG e a todos os seus funcionários, sobretudo Lázaro Marques dos Reis, pela contribuição na condução do ensaio, agradeço.

Aos meus conselheiros Júlio César Lima Neves e Reinaldo Bertola Cantarutti, exemplos de dedicação e competência e por quem guardo a mais profunda admiração.

Aos professores Hugo Alberto Ruiz, João Carlos Ker, Hermínia Emília Prieto Martinez e Paulo Roberto Gomes Pereira, pela amizade e ensinamentos nesses anos de convívio.

Aos amigos Adilson Oliveira Júnior, Alexon Mello Cunha, André, Alexandre Paiva da Silva, Flávia Cristina Santos, Inácio Aspiazú, João José de Miranda Milagres, Manuel Carrillo, Marlon Esposti e José Francisco Teixeira do Amaral, pelas discussões e contribuições a este trabalho.

Especialmente ao amigo Fábio Medeiros Ferreira, que me acompanhou por toda a trajetória na graduação e particularmente na pós-graduação.

Ao Dr. Antônio Alves Pereira, pelas sugestões de quem realmente ama a cafeicultura.

À Zélia, Carlos Fonseca e Fernando, pela amizade e tranquilidade transmitidas no meu dia a dia. São habitantes eternos do compartimento amigos.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Solos, presenças constantes ao longo desses anos e a quem desejo todo sucesso.

BIOGRAFIA

MARIHUS ALTOÉ BALDOTTO, filho de Husdonil Antônio Baldotto e Marília Arminda Altoé Baldotto, professores de nível superior, nasceu em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, em 20 de março de 1977.

Em Novembro de 2000, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, em março de 2001, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo Tese em fevereiro de 2003.

Em fevereiro de 2003, iniciou o curso de Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Norte Fluminense.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Instalação (1998/1999)	9
2.2. Ano 1 (1999/2000)	13
2.3. Ano 2 (2000/2001)	13
2.4. Ano 3 (2001/2002)	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1. Ano 2 (2000/2001)	17
3.2. Ano 3 (2001/2002)	27
3.2.1. Características químicas do solo	27
3.2.2. Índices de crescimento do cafeeiro	44
3.2.3. Produtividade	49
3.3. Doses recomendáveis	55
3.4. Características adequadas à produção inicial	58
4. RESUMO E CONCLUSÕES	63
5. LITERATURA CITADA	65
APÊNDICES	75
Apêndice 1	76
Apêndice 2	77
Apêndice 3	78
Apêndice 4	79
Apêndice 5	80

RESUMO

BALDOTTO, Marihus Altoé, M.S., Universidade Federal de Viçosa. Fevereiro de 2003. **Manejo da calagem e gessagem para o cafeeiro em Latossolo Vermelho-Amarelo de Patrocínio, Minas Gerais.** Orientador: Víctor Hugo Alvarez V.. Conselheiros: Júlio César Lima Neves e Reinaldo Bertola Cantarutti.

Grande parte da cafeicultura de Minas Gerais encontra-se implantada em solos ácidos, com baixa disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Embora a calagem seja uma prática de uso generalizado nas lavouras, persistem, ainda, questionamentos sobre as doses recomendáveis, efeito residual, localização ideal de aplicação do calcário, tanto na implantação, como ao longo dos anos, e sobre o uso da mistura de calcário com gesso, visando a movimentação de S e de bases em profundidade, aumentando assim o desenvolvimento do sistema radicular, e permitindo exploração de maior volume de solo em relação à água e aos nutrientes. O objetivo deste estudo foi determinar estratégias para a calagem e gessagem na lavoura de café, avaliando seus efeitos sobre as características químicas do solo e produtividade do cafeeiro. O experimento consistiu de 44 tratamentos, correspondente a uma matriz mista (baconiana com fatorial), sendo que em 23 deles o calcário foi aplicado em 100 % da área (área total) e no restante dos tratamentos (21) aplicou-se em 33 % da área (faixa). Verificou-se que as características químicas do solo, comportaram-se diferencialmente ao se compararem os calcários de diferentes reatividades, apesar de não ter havido, na produtividade do cafeeiro, efeito diferenciado em resposta à reatividade. As aplicações de calcário em faixa ou em toda a área,

resultaram em produções de café, na primeira colheita, que, em média, não diferiram entre si, apesar dos valores das características químicas do solo terem sido mais afetados pelas aplicações de doses maiores em toda a área. A forma da reposição da calagem não resultou em aumento de produção de café, na primeira colheita. O uso de gesso, em média, não promoveu diferenças em produtividade, na primeira colheita, mas resultou em movimentação de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , e aumentou os teores de S em profundidade. O manejo da calagem e gessagem, recomendável de acordo com a primeira produção do cafeeiro, é a aplicação localizada em faixa, com reaplicação, também em faixa, a partir do segundo ano.

ABSTRACT

BALDOTTO, Marihus Altoé, M.S., Universidade Federal de Viçosa. February 2003. **Handling of the limig and of the gypsum for the caffee plantation in Red-Yellow Latossol in Patrocínio, Minas Gerais State.** Adviser: Víctor Hugo Alvarez V.. Committee Members: Júlio César Lima Neves and Reinaldo Bertola Cantarutti.

Great part of the coffee plantations in Minas Gerais State is implanted in acid soils, with low contends of Ca^{2+} and Mg^{2+} . Although liming is a practice of widespread use in the farmings, there are still several questions to be cleared. Some of these questions are about doses to be recommended, residual effect, location of application of limestone, in the crop implantation, and along the years, use of limestone mixture with gypsum, the movement of S and bases in depth. The objective of this study was to determine strategies for the liming and gypsun use in the farming of coffee, evaluating your effects on the chemical characteristics of the soil and productivity of coffee. The experiment consisted of 44 treatments, corresponding to a mixed head office, being 23 of them with limestone was applied in 100 % of the area (total area) and the remaining of the treatments (21) with application in 33 % of the area (strip). It was verified that the chemical characteristics of the soil, behaved diferencialmente to the if they compare the limestones, in spite of not having had, in the productivity of the cafeeiro, effect differentiated in response to the reatividade. The limestone applications in strip or in the whole area, they resulted in productions of coffee, in the first crop, that, on average, they didn't differ to each other, in spite of the values of the chemical characteristics of the soil they have been more affected

for the applications of larger doses in the whole area. The form of the replacement of the liming didn't result in increase of production of coffee, in the first crop. The use of gypsun, on average, didn't promote differences in productivity, in the first crop, but it resulted in movement of Ca^{2+} e of Mg^{2+} , and it increased the contents of S in depth. The handling advisable, in agreement with the first production of the coffee plantation, it is the located application in strip, with replacement, also in strip, starting from the second year.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais produz 17,29 milhões de sacas de café, que corresponde a 51 % da produção nacional (Corrêa, 1999). A expansão das lavouras de café, no Estado de Minas Gerais, iniciou-se nos solos mais férteis em substituição às matas nativas e atualmente desenvolve-se em extensas áreas de solos com baixa fertilidade natural. Esse fato, aliado às elevadas quantidades de nutrientes extraídas pelo cafeeiro, gera cada vez mais a necessidade de aplicação de adubos e corretivos por parte dos produtores, visando otimizar sua produtividade, além de obter outros benefícios proporcionados pela adequada nutrição das plantas, como o aumento da qualidade do café e da resistência a pragas e doenças.

No sul de Minas Gerais, aproximadamente 36 % das propriedades têm uma produtividade inferior a 10 sacas¹/ha de café beneficiado, 41 %, entre 10 e 20 sacas de café beneficiado/ha e 23 %, superior a 20 sacas/ha de café beneficiado, o que demonstra a existência de um potencial de aumento de produtividade dessas propriedades (Corrêa et al. 1999).

No Brasil, a cultura do cafeeiro constitui importante fonte de divisas e de empregos, particularmente no estado de Minas Gerais, onde a maioria dos plantios de café tem se expandido nos anos recentes para regiões de cerrado, onde cerca de 40 % dos solos são Latossolos de baixa fertilidade natural, baixa saturação por bases, teores elevados de Al^{3+} e excesso de Mn^{2+} (Matielo, 1991). As baixas respostas verificadas quando se aplicam fertilizantes a esses solos, na ausência de correção da acidez, podem ser em grande parte atribuídas ao Al^{3+} presente, geralmente em concentrações que podem promover toxidez ao cafeeiro. Além de ser nocivo ao crescimento radicular, o

¹ Sacas de 60 kg de café beneficiado.

Al^{3+} interfere na absorção e movimentação de P, Ca e Mg na planta, contribuindo também para a adsorção de P no solo.

O cafeeiro, após seu melhoramento para ganho de produtividade em solos ácidos, apresenta-se como uma planta exigente em nutrientes, entre os quais o Ca e o Mg são de fundamental importância (Garcia, 1983 a, 1983 b; Freire et al., 1984).

A atual cafeicultura brasileira, especialmente a de Minas Gerais, está implantada basicamente em solos caracterizados por baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , teores de Al^{3+} e Mn^{2+} relativamente altos, pH baixo e, praticamente, nenhuma reserva de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que torna a calagem uma prática indispensável (Guimarães, 1992; Garcia, 1983 a, 1983 b).

Segundo Marschner (1995), teores elevados de Al^{3+} prejudicam as funções do Ca^{2+} na planta, devido à inibição da absorção deste elemento, o que poderia ser resultado da competição ou do bloqueio de sítios de ligação. Concentrações elevadas de Al^{3+} em solução, podem inibir o crescimento de muitas plantas cultivadas, sobretudo do cafeeiro, podendo uma exposição de minutos, resultar no comprometimento da absorção de água e de nutrientes (Feng Ma et al., 2001). O efeito primário da toxidez por Al^{3+} manifesta-se, geralmente, bloqueando o crescimento radicular, possivelmente por afetar o alongamento e a divisão celular, o que diminui o volume de solo explorado pelas raízes (Sampson et al., 1965; Foy, 1974; Klimashevskii & Dedov, 1976). Nesta condição, as plantas não conseguem obter quantidade suficiente de água e nutrientes do solo. A incorporação de calcário à região de crescimento radicular resulta na neutralização do Al^{3+} , bloqueando sua ação tóxica.

Diversos estudos realizados (Catani & Moraes, 1958; Catani, 1967; Catani et al., 1967; Lazzarini et al., 1975; Garcia, 1983 a; Guimarães & Lopes, 1984), evidenciaram a exigência do cafeeiro pelo Ca e pelo 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 em 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 que no fruto a relação Ca:Mg, geralmente, é igual a um.

Em um cafezal com produtividade acima de 30 sacas/ha de café beneficiado, o teor de Ca^{2+} no solo foi de aproximadamente $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (Santinato et al., 1983; Matielo, 1991). Quanto ao teor de Mg^{2+} no solo, seria adequado estar entre 0,15 e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, ou entre 10 a 20 % da CTC, conforme sugerem Santinato et al. (1983).

Vários pesquisadores encontraram efeitos benéficos da calagem sobre a produção do cafeeiro (Pavan & Igue, 1976; Reis et al., 1981, Santinato et al., 1986; Viana et al., 1987; Garcia, 1980; Chaves et al., 1984; Pereira e Santinato, 1978). As doses relacionadas com os aumentos da produtividade variam com o solo, tipo de calcário, idade da planta e com o método de aplicação.

Entretanto, algumas vezes, a calagem não apresenta efeitos favoráveis na produtividade do cafeeiro, principalmente nas primeiras colheitas, podendo levar até a queda de produtividade quando aplicada em doses superestimadas.

Camargo et al. (1982) testaram 3, 6 e 9 t/ha de calcário em um Argissolo e constataram efeito residual positivo nas produções de cinco cultivos de milho, um de algodão e um de soja, realizados em sete anos, com indicações pela análise de solo, que o efeito residual provavelmente persistiria por mais tempo. Em todos os anos as maiores produções foram obtidas com a maior dose de calcário. Freitas & Ray (1974), citados por Rajj & Quaggio (1984), estimaram que o efeito residual de 10 t/ha de calcário aplicado em cafeeiro, em Latossolos, poderia estender-se por 10 anos.

Com relação às doses de calcário aplicadas na implantação do cafezal, Garcia (1983) estudou em um Latossolo Vermelho, no sul de Minas Gerais, a aplicação de 0, 2, 4, 8, 16 e 32 t/ha de um calcário com PRNT de 60,1 %. Os resultados, média das quatro primeiras colheitas, foram 10,7; 24,8; 27,8; 23,8; 22,2 e 23,6 sacas/ha de café beneficiado, respectivamente, para as doses estudadas. Esses dados mostram que a aplicação de 4 t/ha de calcário promoveu a maior média de produção, aproximadamente quatro sacas a mais que quando se aplicaram 32 t/ha. Mostraram também que a dose de 32 t/ha, considerada muito elevada, prejudicou relativamente pouco o cafeeiro, se for considerado que certamente esta dose terá um efeito residual muito maior que o da dose de 4 t/ha, podendo ser vantajosa a aplicação de doses elevadas de calcário com baixo PRNT na implantação do cafezal.

Objetivando determinar a melhor saturação por bases a ser atingida após a calagem, e se a mesma deve ser feita na implantação, ou parte na implantação, com complementação nos anos seguintes, Viana et al. (1990), realizaram um estudo em Latossolo Vermelho com pH 5,3 e com 2,46 dag/kg de matéria orgânica, e ainda com 1,0 cmol_c/dm³ de Ca²⁺ + Mg²⁺ e 1,1 cmol_c/dm³ de Al³⁺, em Varginha-MG. Os dados de produção obtidos permitiram concluir, que o melhor método de calagem, consistiu na aplicação de calcário em área total, no plantio, objetivando elevar a saturação de bases para 40 %, com complementação nos dois anos seguintes visando o mesmo objetivo (4,75 t/ha no plantio + 3,55 t/ha no 1º ano e 0,12 t/ha no 2º ano). Esse método permitiu uma produtividade de 29,2 sacas/ha de café beneficiado, o que corresponde a 3,24 vezes a produtividade da testemunha, que não recebeu calcário. Também foi constatado que quando se fez calagem apenas no plantio, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de calcário para elevar a saturação de bases até 80 % (10,75 t/ha). Com esse método a produtividade foi um pouco menor, obtendo-se 26 sacas/ha de café beneficiado, correspondendo a três vezes a produtividade da testemunha. Outro aspecto relevante é que a calagem apenas no sulco de plantio, complementada com adição na projeção da copa do cafeeiro nos anos seguintes (1,0 t/ha no sulco de plantio + 1,78 + 1,78 + 2,22 + 1,78 t/ha, respectivamente nos quatro anos seguintes), também mostrou ser viável, com produtividade aproximadamente três vezes maior que a da testemunha, sendo uma opção adequada para áreas muito sujeitas à erosão.

A aplicação de elevadas doses de calcário, com o objetivo de aumentar o seu efeito residual, pode trazer alguns inconvenientes na fase inicial da cultura do cafeeiro, como desequilíbrios nutricionais, afetando a produção. Esse efeito negativo pode ser minimizado com o uso de calcários de menor reatividade. Alcarde et al. (1989) avaliaram, por incubação, a reatividade de um calcário dolomítico em três solos, por meio da elevação do pH e verificaram, após 90 dias, que as partículas de 2,0 a 0,84; 0,84 a 0,30; 0,30 a ,025 e 0,25 a 0,10 mm, apresentaram reatividade de 20, 50, 90 e 100 % respectivamente. Essas diferentes taxas de reatividade das partículas de um calcário, favorecem o manejo da calagem. Os materiais finos reagem rapidamente no solo, mas seu efeito é mantido por um período mais curto de tempo do que os materiais

grosseiros. Assim uma questão que se evidencia é qual o corretivo mais eficiente para o cafeeiro, o mais reativo e de menor efeito residual, ou o de ação mais lenta, com efeito residual mais prolongado.

Um fato interessante, e que influencia no efeito residual do calcário, é a acidificação que ocorre no solo na região de adubação. Em um trabalho conduzido em Latossolo Vermelho, em São Sebastião do Paraíso-MG, foi verificado o efeito da acidificação do solo quando submetido a três níveis de adubação nitrogenada, aplicada na formação da lavoura de café (Guimarães & Lopes, 1986). Três anos após a calagem de implantação, os dados já mostravam na faixa onde se aplicou o adubo, em relação aos resultados anteriores à aplicação, uma redução no pH do solo, acréscimo no teores de Al^{3+} , na medida em que se aumentaram as doses de N. Seis anos após a implantação houve um agravamento do quadro, com acréscimo dos teores de Al^{3+} , já a partir da segunda dose de N. Os resultados deste ensaio, indicaram que a calagem deveria ser realizada em faixa, sob a projeção da copa do cafeeiro, onde os fertilizantes são aplicados, argumentam Guimarães e Lopes (1986).

RENA & MAESTRI (1986) informam que em solos ácidos, as raízes absorventes do cafeeiro tendem a concentrar-se na camada superficial do solo, o que torna necessária, para o crescimento adequado do sistema radicular e da planta como um todo, e de bons índices de produtividade, a correção e adequada manutenção da fertilidade na camada superficial, já que a inviabilidade técnica e econômica de correção nas camadas mais profundas do perfil do solo limitam a calagem à camada de incorporação (0 a 20 cm de profundidade), permanecendo teores elevados de Al^{3+} nas camadas inferiores.

A calagem, apesar de ser uma prática reconhecidamente eficiente para a correção do pH dos solos, só tem efeito marcante na profundidade em que é incorporado o calcário. O efeito do calcário, em profundidades maiores tem sido avaliado nos últimos anos, quando misturado ao gesso agrícola, em pesquisas cujos resultados indicam sua eficiência na melhoria do ambiente radicular nas camadas subsuperficiais.

Embora a calagem seja uma prática de uso generalizado entre os agricultores, freqüentemente questionam-se vários aspectos desta prática na cultura do café, principalmente quando se aplica a mistura calcário+gesso.

Entre outros, destaca-se aplicação do calcário na superfície, ficando sua ação restrita, possivelmente aos primeiros centímetros de profundidade. A aplicação deve ser em área total ou na faixa onde estão as raízes e são aplicados os adubos. Também interessante é o estudo das doses a serem aplicadas e da movimentação de produtos da solubilização do gesso, que se usado em cobertura, juntamente com o calcário, terá ação em profundidade, contornando assim a dificuldade da incorporação mecânica do calcário.

Um aspecto a ser considerado, é se na implantação da lavoura é oportuna uma calagem com doses elevadas, com vista a prolongar ao máximo o efeito residual do calcário e protelar a necessidade de nova calagem.

Outra alternativa interessante é a aplicação localizada na faixa interna à projeção da copa, de modo a corrigir a região onde realmente se encontra o sistema radicular da cultura, com aplicações ao longo dos anos, não requerendo assim, maiores investimentos iniciais.

Para Gonzales et al. (1976), a neutralização do Al^{3+} das camadas inferiores, por meio da incorporação profunda de corretivos, resulta em maior estabilidade da produção ao longo dos anos, principalmente em anos com veranicos prolongados. Entretanto, essa prática é onerosa, quando não impraticável.

Segundo Pavan (1986), devido à movimentação do Ca^{2+} , como $CaSO_4^0$, a complexação e precipitação do Al^{3+} com o íon SO_4^{2-} , o gesso pode contribuir para reduzir, principalmente a acidez subsuperficial e proporcionar maior penetração de raízes em profundidade, sobretudo em solos sob vegetação de cerrado. Esse aspecto vem dando suporte a implantação da cafeicultura em solos sob cerrado, onde o agravamento da situação pelos veranicos freqüentes, poderá ser contornado com o uso do gesso.

Um trabalho realizado pela EMBRAPA (1981) mostrou a importância do gesso como condicionador das camadas subsuperficiais. Em Latossolo Vermelho que havia recebido 4 t/ha de calcário, em outubro de 1975, foram aplicadas, 0; 2,5 e 5 t/ha de gesso em novembro de 1978. Em avaliação feita em fevereiro de 1980, foi constatado que onde havia sido aplicado apenas calcário, o Ca^{2+} e o Mg^{2+} haviam se movimentado até 35 cm de profundidade. Já nos tratamentos que receberam gesso, esses nutrientes atingiram camadas mais profundas do solo. O milho cultivado no solo onde não foi aplicado gesso,

apresentou sintomas de murcha por falta de água, não acontecendo isso com as plantas localizadas nas áreas que receberam gesso. Isso demonstra que onde se aplicou gesso, as raízes se desenvolveram melhor e tiveram condições de absorver água das camadas mais profundas do solo.

Com a aplicação de gesso junto com calcário, é possível uma minimização do problema de acidez subsuperficial em um período menor de tempo, do que somente com a aplicação de calcário. O aumento do pH do solo, por meio da calagem, provoca menor adsorção de sulfato aplicado ao solo, o qual, por sua vez, aumenta a movimentação de Ca. Por outro lado, a calagem aumenta a adsorção de K na camada arável do solo (Souza & Ritchey, 1986).

Em São Sebastião do Paraíso-MG, um ensaio com cafeeiros foi instalado em Latossolo Vermelho, com baixos teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Testaram-se as doses de calcário 0; 0,75; 1,50 e 3,0 t/ha, combinadas com 0; 1,20 e 2,58 t/ha de gesso, aplicados em área total, antes do plantio. Os resultados médios de sete produções mostram que na dose de calcário correspondente a necessidade de calagem (1,5 t/ha), a produtividade de café passou de 28,01 sacas/ha de café beneficiado (sem gesso) para 46,25 sacas/ha de café beneficiado (com 2,58 t/ha de gesso), ou seja, um ganho de 18,24 sacas de café beneficiado. A resposta do cafeeiro ao gesso, foi mais expressiva que ao calcário, pois a aplicação isolada de 1,29 t/ha de gesso, elevou a produtividade em 17,36 sacas/ha de café beneficiado, enquanto a aplicação isolada de 3 t/ha de calcário, elevou apenas 8,2 sacas de café beneficiado, em relação à testemunha. Nos tratamentos que receberam apenas calcário, houve concentração de raízes na superfície, mas quando se utilizou calcário+gesso, o sistema radicular ampliou-se mais, até aproximadamente 2,0 m. Os teores de S na planta em função das doses estudadas, aumentaram linearmente nos tratamentos com gesso (Guimarães, 1992).

O gesso isolado, misturado ao calcário, ou esterco de curral, foi aplicado na cova de plantio de cafeeiro em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de Patrocínio-MG, após uma aplicação de 4 t/ha de calcário dolomítico em área total. Observaram-se, no período seco, e após a primeira colheita, um melhor aspecto vegetativo em todos os tratamentos que continham gesso, isoladamente ou combinado com os outros materiais. Com aplicação isolada de calagem em área total, a primeira produtividade foi de 7,9 sacas/ha de café

beneficiado, mas quando se combinou a calagem em área total com aplicação de 0,5 kg/cova de gesso, a produtividade passou para 16,8 sacas/ha de café beneficiado. Por outro lado, Vianna et al. (1990), não constataram influência do gesso sobre a produtividade de café, dois anos após a sua aplicação em Latossolo Vermelho, em Varginha-MG.

Freitas et al. (1972) testaram as seguintes doses de S como nutriente na forma de gesso, aplicadas anualmente, desde o plantio do cafeeiro até a oitava produtividade, 0; 16,8; 33,6; 67,2 e 134,5 kg/ha. Este ensaio foi conduzido em Latossolo Vermelho, textura argilosa, de Matão-SP, com 0,9 dag/kg de carbono orgânico, 3,0 mg/dm³ de S-SO₄²⁻ e pH 5,0. À média de rendimento de oito anos de produtividade foi de 1.345 kg/ha de café beneficiado, quando não se utilizou gesso, e de 2.446 kg/ha de café beneficiado, quando de utilizaram 67,2 kg/ha de S. Resultados semelhantes foram obtidos por Malavolta (1986), em um ensaio em um Latossolo Vermelho, textura média, de São Sebastião do Paraíso-MG. Obteve-se aumento médio de 17 % na produtividade de café, quando comparado com a testemunha, ao se aplicarem 30 kg/ha de S. Não se observou diferença na produtividade, entre as doses de 30 a 60 kg/ha/ano de S.

O objetivo deste estudo foi determinar estratégias para a calagem e gessagem na lavoura de café, avaliando seus efeitos sobre as características químicas do solo e produtividade do cafeeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação (1998/1999)

O experimento instalado em Patrocínio-MG, em novembro de 1999, na Fazenda Experimental da EPAMIG, consistiu de 44 tratamentos, gerados por meio de uma matriz experimental mista, Baconiana com Fatorial [(21 + 2) + 21], onde 21 + 2 tratamentos receberam aplicação de calcário em 100 % da área [(4 x 5) + 1 + 2], sendo quatro manejos, com cinco doses crescentes de calcário, a testemunha, além de dois tratamentos adicionais, que visaram comparar as reatividades dos calcários. Nos outros 21 tratamentos, o calcário foi aplicado em faixas equivalentes a 33 % da área [(2² x 5) + 1], com dois manejos diferindo-se pela presença ou ausência de gesso, cindo doses crescentes de calcário e a testemunha, como pode ser verificado no quadro 1.

Os 44 tratamentos, foram distribuídos em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de café com seis plantas por fileira, totalizando 24 plantas, sendo consideradas úteis as oito plantas centrais (2 fileiras de quatro plantas). O espaçamento utilizado entre fileiras foi de 3 m e entre as plantas foi de 1 m, sendo a área útil de cada parcela, de 24 m².

Amostras de solo das camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm foram coletadas e analisadas por meio dos métodos usuais do laboratório de rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Lopes & Alvarez V., 1999). Também foram realizadas as caracterizações física e mineralógica do solo (Embrapa 1979, 1997). De posse dos resultados analíticos (Quadros 2 e 3), o cálculo da necessidade de calagem foi efetuado pela fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = Y \cdot [Al^{3+} - (m_t \cdot t/100)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})],$$

onde o valor de Y é variável em função da capacidade tampão do solo, definido de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem), m_t é o valor máximo de saturação por Al^{3+} tolerado pelas culturas, sendo 25 % para o cafeeiro, e X é o valor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ($cmol/dm^3$), adequado à cada cultura, e igual a 3,5 para o cafeeiro, de acordo com o critério recomendado por Alvarez V. & Ribeiro (1999). As quantidades de calcário (Alvarez V. e Ribeiro, 1999), aplicadas por ocasião do plantio ou para reposição, foram calculadas pela fórmula:

$$QC \text{ (t/ha)} = NC \cdot (S / 100) \cdot (P / 20) \cdot (100 / PRNT), \text{ onde:}$$

S = porcentagem da área em que o calcário foi aplicado, sendo 100 % da área ou 33 % da área (Quadro 1);

P = profundidade de incorporação, 20 cm no plantio e 5 cm na reposição.

O calcário e o gesso (Quadro 4) foram aplicados a lanço, em novembro de 1998, metade da dose antes da aração e metade após a aração, anteriormente à última gradagem. Nas covas, com 40 x 40 x 40 cm, que também receberam calcário ou gesso, a quantidade aplicada foi calculada para corrigir o volume adicional da cova não corrigido pela calagem feita anteriormente e proporcional às doses que foram utilizadas nesta calagem, ou seja, de acordo com os tratamentos esquematizados no quadro 1.

O cafeeiro variedade Catuaí Amarelo, cultivar Topázio 1190, foi plantado em março do ano de 1999. A adubação NPK e as práticas culturais que não constituem objeto desse estudo, como controle de pragas, doenças e de plantas concorrentes (fatores controlados e mantidos constantes), foram executadas de acordo com as práticas de manejo usuais na região de Patrocínio-MG. Os fertilizantes utilizados foram uréia, fosfato monoamônico (MAP) e cloreto de potássio. As doses, parceladas em três aplicações na estação chuvosa, seguiram as recomendações de Guimarães et al. (1999), adequadas à região e de acordo com as sugestões de adubação para cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro. O controle das plantas concorrentes foi realizado por método químico na área interna à projeção da copa e mecanicamente nas entrelinhas.

Quadro 1: Relação dos tratamentos esquematizados conforme matriz mista, Baconiana com Fatorial, [(21 + 2) + 21], sendo 21 + 2 tratamentos cuja aplicação de calcário foi em 100 % da área [(4 x 5) + 1 + 2] e 21 tratamentos que receberam calcário em faixas equivalentes a 33 % da área [(2² x 5) + 1].

Tratamento	Doses NC	Área ^{2/}	Gesso ^{3/} ----- % -----	PRNT ^{4/}	Ano ^{6/}	Reposição ^{5/}			
						Área ^{7/} %	Doses NC	Gesso ----- % -----	PRNT
0,0 AT G 0 65 SR	0,0	AT	0	65	SR				
0,4 AT G 0 65 SR	0,4	AT	0	65	SR				
0,8 AT G 0 65 SR	0,8	AT	0	65	SR				
1,2 AT G 0 65 SR	1,2	AT	0	65	SR				
1,6 AT G 0 65 SR	1,6	AT	0	65	SR				
2,4 AT G 0 65 SR	2,4	AT	0	65	SR				
0,4 AT G 25 65 SR	0,4	AT	25	65	SR				
0,8 AT G 25 65 SR	0,8	AT	25	65	SR				
1,2 AT G 25 65 SR	1,2	AT	25	65	SR				
1,6 AT G 25 65 SR	1,6	AT	25	65	SR				
2,4 AT G 25 65 SR	2,4	AT	25	65	SR				
----- RPP -----									
0,4 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	0,4	AT	25	65	3 ^o	AT	0,4	25	76
0,8 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	0,8	AT	25	65	3 ^o	AT	0,8	25	76
1,2 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1,2	AT	25	65	3 ^o	AT	1,2	25	76
1,6 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1,6	AT	25	65	3 ^o	AT	1,6	25	76
2,4 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	2,4	AT	25	65	3 ^o	AT	2,4	25	76
----- RNC -----									
0,4 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	0,4	AT	25	65	3 ^o	AT	1	25	76
0,8 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	0,8	AT	25	65	3 ^o	AT	1	25	76
1,2 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1,2	AT	25	65	3 ^o	AT	1	25	76
1,6 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1,6	AT	25	65	3 ^o	AT	1	25	76
2,4 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	2,4	AT	25	65	3 ^o	AT	1	25	76
1,6 AT G 0 76 SR	1,6	AT	0	76	SR				
1,6 AT G 25 76 3 ^o RNC G 25 76	1,6	AT	25	76	3 ^o	100	1,6	25	76
----- RPP -----									
0,00 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	0,00	F	0	76	2 ^o +	F	0,00	0	76
0,25 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	0,25	F	0	76	2 ^o +	F	0,25	0	76
0,50 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	0,50	F	0	76	2 ^o +	F	0,50	0	76
0,75 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	0,75	F	0	76	2 ^o +	F	0,75	0	76
1,00 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	1,00	F	0	76	2 ^o +	F	1,00	0	76
1,50 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	1,5	F	0	76	2 ^o +	F	1,50	0	76
0,25 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	0,25	F	25	76	2 ^o +	F	0,25	25	76
0,50 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	0,50	F	25	76	2 ^o +	F	0,50	25	76
0,75 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	0,75	F	25	76	2 ^o +	F	0,75	25	76
1,00 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	1,00	F	25	76	2 ^o +	F	1,00	25	76
1,50 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	1,50	F	25	76	2 ^o +	F	1,50	25	76
----- RNC -----									
0,25 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	0,25	F	0	76	2 ^o +	F	1	0	76
0,50 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	0,50	F	0	76	2 ^o +	F	1	0	76
0,75 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	0,75	F	0	76	2 ^o +	F	1	0	76
1,00 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	1,00	F	0	76	2 ^o +	F	1	0	76
1,50 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	1,5	F	0	76	2 ^o +	F	1	0	76
0,25 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	0,25	F	25	76	2 ^o +	F	1	25	76
0,50 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	0,50	F	25	76	2 ^o +	F	1	25	76
0,75 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	0,75	F	25	76	2 ^o +	F	1	25	76
1,00 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	1,00	F	25	76	2 ^o +	F	1	25	76
1,50 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	1,50	F	25	76	2 ^o +	F	1	25	76

^{1/} Doses: NC = necessidade de calagem; ^{2/} Área: AT = calcário aplicado em área total e F = calcário aplicado em uma faixa de 1/3 do espaçamento entre as fileiras, sendo metade de cada lado da fileira; ^{3/} Gesso = % da necessidade de calagem (NC) adicional de gesso; ^{4/} PRNT = PRNT 65 % e PRNT 76 %, variando o PRNT apenas pela eficiência relativa; ^{5/} SR = sem reposição de calcário; RPP = reposição da mesma calagem (calcário + gesso) em doses proporcionais às do plantio; RNC = reposição da calagem de 1 x NC; ^{6/} Ano: 3^o ano = reposição da calagem apenas no terceiro ano; (2^o +) = reposição da calagem no segundo ano e demais anos; ^{7/} Área: AT = reposição da calagem em 100 % da área e F = reposição da calagem na faixa efetiva (sob a copa, aproximadamente em sua projeção), considerando uma profundidade de incorporação igual a 5 cm.

Quadro 2. Características mineralógicas e químicas do solo (Latosolo Vermelho-Amarelo distrófico) antes da instalação do experimento.

Profundidade	MO ^{1/}	SiO ₂ ^{2/}	Al ₂ O ₃ ^{2/}	Fe ₂ O ₃ ^{2/}	TiO ₂ ^{2/}	Ki ^{3/}	Mineral ^{4/}
cm	----- dag/kg -----						
0 - 20	4,88	11,46	19,0	9,3	1,1	1,02	Ka>Gb~Gt
20 - 40	2,62	10,14	23,3	10,0	1,3	0,74	Ka>Gb>Gt

Profundidade	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ^{5/}	t	V	m	P-rem ^{6/}
cm	H ₂ O, 1:2,5	----- cmol _c /dm ³ -----			-----		----- % -----	----- mg/L -----	
0 a 20	5,0	0,10	0,10	0,70	4,5	0,94	5,1	74,3	3,2
20 a 40	5,1	0,10	0,10	0,30	3,6	0,54	6,2	55,7	3,4

^{1/} MO = Walkey & Black; ^{2/} Ataque sulfúrico (Embrapa, 1979); ^{3/} SiO₂/Al₂O₃; ^{4/} Minerais predominantes na fração argila; Ka = caulinita; Gb = gibbsita; Gt = goethita; ^{5/} Extrator = Acetato de cálcio, 0,5 mol/L, pH=7,0; ^{6/} P-rem = fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio, após agitar durante 5 minutos, 5 cm³ de TFSA com 50 mL da solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P e decorridas 16 horas.

Quadro 3. Características físicas e físico-químicas do solo (Latosolo Vermelho-Amarelo distrófico) antes da instalação do experimento.

Profundidade	AG ^{1/}	AF ^{1/}	Silte ^{1/}	Argila ^{1/}	Classe ^{2/}	CC ^{3/}	DS ^{3/}	DP ^{3/}	pH - H ₂ O ^{4/}	pH - KCl ^{5/}	?	pH ^{6/}
cm	----- % -----				----- dag/kg -----		----- kg/dm ³ -----					
0 - 20	7	5	17	71	MA	33	0,99	2,63	5,00	4,43		- 0,57
20 - 40	8	5	13	74	MA	31	0,98	2,67	5,10	4,60		- 0,50

^{1/} Método da pipeta (Embrapa, 1979); ^{2/} MA = Muito Argilosa; ^{3/} CC = Capacidade de campo, DS = densidade do solo e DP = densidade de partícula (Embrapa, 1979); ^{4/} pH em H₂O na relação 1 : 2,5 (Defelipo e Ribeiro, 1991); ^{5/} pH em KCl 1 mol/L na relação 1 : 2,5; ^{6/} pH em KCl - pH em H₂O.

Quadro 4. Características dos calcários utilizados no experimento.

Calcário	PN	RE	PRNT	CaO	MgO
	----- % -----			----- dag/kg -----	
Área Total ^{1/}	78,0	83,6	65,2	32,1	13,2
Faixa ^{2/}	78,9	96,7	76,3	32,7	13,4

^{1/} Área Total = Aplicação em 100 % da área; ^{2/} Faixa = aplicação em faixa correspondente a 33 % da área.

2.2. Ano 1 (1999/2000)

Durante o primeiro ano, foram feitos replantios das covas falhadas, bem como a adubação e os tratos culturais, visando a nutrição, a sanidade da lavoura e o controle de plantas concorrentes.

2.3. Ano 2 (2000/2001)

Em novembro de 2000, dois anos após a aplicação inicial dos tratamentos, realizou-se uma amostragem de solo, na profundidade de 0 a 20 cm. Foram coletados em 20 pontos, na faixa de aplicação dos corretivos e fertilizantes, amostras simples, com igual volume de solo. Após homogeneização, retirou-se uma amostra composta, da qual se utilizaram subamostras para as análises químicas de rotina, segundo Lopes & Alvarez V. (1999).

Efetuaram-se todas as práticas de manejo usuais na região de Patrocínio-MG, como controle de pragas e doenças, manejo das plantas concorrentes e adubações, que seguiram as recomendações de Guimarães et al. (1999). Foram realizadas as primeiras aplicações de reposição, conforme o quadro 1. A reposição foi com quantidades de calcário calculadas por meio das análises de solo provenientes deste mesmo ano. Parte dos tratamentos receberam aplicações da respectiva necessidade de calagem necessidade de calagem (RNC) e em outros tratamentos, foram aplicadas doses fracionadas (RPP), de forma semelhante ao plantio, a partir da necessidade de calagem calculada pela média dos resultados obtidos nos tratamentos que receberam as três maiores doses.

2.4. Ano 3 (2001/2002)

No terceiro ano após a instalação do experimento (novembro de 2001), procedeu-se a uma amostragem de solos, conforme já descrito para o Ano 2. Também foram realizadas medições da altura das plantas, do solo ao ápice, maior diâmetro da copa e diâmetro do caule 10 cm a partir do solo.

Em julho de 2002, foi feita a primeira colheita do experimento. Após o beneficiamento do café, obtiveram-se as produtividades, que foram expressas em kg/ha de café beneficiado.

Após a colheita (agosto de 2002), foi feita nova amostragem de solos, nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 20 cm e 20 a 40 cm, para determinação dos teores de S, segundo Alvarez V. et al. (2001), usando-se o extrator $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L, e dosando por turbidimetria, com sulfato de bário.

Realizaram-se todas as práticas de manejo usuais na região de Patrocínio-MG, como controle de pragas e doenças, manejo das plantas concorrentes e adubações, que seguiram as recomendações de Guimarães et al. (1999).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e desdobraram-se os efeitos dos tratamentos em contrastes (Quadro 5), para as variáveis qualitativas e análise de regressão para as doses de calcário estudadas, de modo a serem obtidas oito equações de regressão para cada variável, conforme o manejo da calagem e da gessagem. As equações de regressão foram ajustadas pelos tratamentos a seguir, que vem seguidos pela correspondente codificação do manejo:

(0,0 AT G 0 65 SR até 2,4 AT G 0 65 SR) corresponde a AT d/ G 0 d/ SR;

(0,0 AT G 0 65 SR até 2,4 AT G 25 65 SR) corresponde a AT d/ G 25 d/ SR;

(0,0 AT G 0 65 SR até 2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76) corresponde a AT d/ G 25 d/ RPP;

(0,0 AT G 0 65 SR até 2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76) corresponde a AT d/ G 25 d/ RNC;

(0,00 F G 0 76 até 1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76) corresponde a F d/ G 0 d/ RPP;

(0,00 F G 0 76 até 1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76) corresponde a F d/ G 25 d/ RPP;

(0,00 F G 0 76 até 1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76) corresponde a F d/ G 0 d/ RNC;

(0,00 F G 0 76 até 1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76) corresponde a F d/ G 25 d/ RNC.

Obtiveram-se as estimativas dos contrastes e os coeficientes de regressão, que foram testados pelo teste F, aos níveis de 1 e 5 e de 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

As equações de regressão para produtividade de café beneficiado em função das doses de calcário estudadas (necessidade de calagem) e manejo da calagem e da gessagem, foram utilizadas para determinação da dose de máxima eficiência econômica, pelo critério de capital ilimitado. Vale ressaltar que por meio deste critério, procurou-se otimizar o lucro por unidade de superfície, mas com a condição de otimização do uso de insumos. Deste modo, levou-se em consideração, o custo do insumo (necessidade de calagem), ou seja, transporte, aplicação, taxas e seguros, bem como, para o preço do produto (kg de café beneficiado), as despesas de produção, como colheita, transporte e comercialização, em reais por hectare.

Considerando a calagem como investimento, decidiu-se pela amortização, dividida em 25 % na primeira produção de café, 30 % e 45 % na segunda e terceira produção, respectivamente.

De posse das equações de regressão para as demais variáveis em estudo, calcularam-se os valores destas variáveis, quando a dose foi a de máxima eficiência econômica para produtividade em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Quadro 5. Coeficientes dos contrastes definidos para a comparação dos tratamentos, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Tratamento	F ^{1/} vs AT ^{2/}	(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	G0 ^{5/} vs G25 ^{6/} d/ AT	ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G0 d/ AT	ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G25 d/ AT	RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G25 d/ AT	(-) vs Cal d/ F	G0 vs G25 d/ F	RPP vs RNC d/ G0 d/ F	RPP vs RNC d/ G25 d/ F
0,0 AT G 0 65 SR	1	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,4 AT G 0 65 SR	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 AT G 0 65 SR	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2 AT G 0 65 SR	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0
1,6 AT G 0 65 SR	1	1	-3	-1	0	0	0	0	0	0	0
2,4 AT G 0 65 SR	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0
0,4 AT G 25 65 SR	1	1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0
0,8 AT G 25 65 SR	1	1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0
1,2 AT G 25 65 SR	1	1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0
1,6 AT G 25 65 SR	1	1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0
2,4 AT G 25 65 SR	1	1	1	0	0	-2	0	0	0	0	0
0,4 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1	1	1	0	0	1	-1	0	0	0	0
0,8 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1	1	1	0	0	1	-1	0	0	0	0
1,2 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1	1	1	0	0	1	-1	0	0	0	0
1,6 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1	1	1	0	-1	1	-1	0	0	0	0
2,4 AT G 25 65 3 ^o RPP G 25 76	1	1	1	0	0	1	-1	0	0	0	0
0,4 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0,8 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1,2 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1,6 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1	1	1	0	-1	1	1	0	0	0	0
2,4 AT G 25 65 3 ^o RNC G 25 76	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1,6 AT G 0 76 SR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1,6 AT G 25 76 3 ^o RNC G 25 76	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0,00 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	-20	-1	0	0
0,25 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0
0,50 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0
0,75 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0
1,00 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0
1,50 F G 0 76 2 ^o + RPP G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0
0,25 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1
0,50 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1
0,75 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1
1,00 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1
1,50 F G 25 76 2 ^o + RPP G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-1
0,25 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	0
0,50 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	0
0,75 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	0
1,00 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	0
1,50 F G 0 76 2 ^o + RNC G 0 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	0
0,25 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
0,50 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
0,75 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
1,00 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
1,50 F G 25 76 2 ^o + RNC G 25 76	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa, PRNT 65 vs 76 %; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ano 2 (2000/2001)

No segundo ano (novembro de 2000) após a aplicação inicial dos tratamentos (1998/1999), os resultados das características químicas do solo (Quadro 6), em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, indicam que a calagem teve efeito positivo (Quadro 7) na elevação dos teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , bem como na redução dos teores de Al^{3+} e de H+Al , para ambas as formas de aplicação do calcário. A média dos teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} para os tratamentos que receberam calagem em toda a área foram $1,04 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $0,81 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente (Quadro 6), muito superiores aos da testemunha, sem calagem, que foi de $0,17 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, tanto para Ca^{2+} como para Mg^{2+} . Quanto às aplicações em faixa, os tratamentos que receberam calagem, apresentaram teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , respectivamente iguais a $0,92 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $0,68 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, enquanto a média da testemunha foi $0,04$ e $0,09 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, para os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente. Bolívar (1993), avaliando a dinâmica de algumas características químicas do solo e o crescimento inicial do cafeeiro Catuaí, de acordo com doses de calcário e de gesso, geradas pela matriz experimental Box-Berard aumentada (3), que variaram entre 0 e 1,35 NC (7,36 t/ha) e 0 e 0,90 NC, para calcário e gesso, respectivamente, encontrou teores de Ca^{2+} , que variaram entre 0,35 e $3,16 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Entretanto estes valores, mesmo bem superiores aos obtidos neste estudo, são ainda menores que os encontrados na literatura como adequados para o cafeeiro, que são de 3,5 a $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para a soma dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (IBC, 1987; Matiello, 1991 e Alvarez V. & Ribeiro, 1999).

Quadro 6. Características químicas do solo, dois anos após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Tratamento	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ^{1/}	t
	cmol _c /dm ³				
0,0 AT G 0 65 SR	0,17	0,17	0,73	5,39	1,18
0,4 AT G 0 65 SR	0,31	0,38	0,51	5,23	1,32
0,8 AT G 0 65 SR	0,84	0,82	0,23	4,02	2,01
1,2 AT G 0 65 SR	0,78	0,70	0,18	4,51	1,78
1,6 AT G 0 65 SR	1,08	1,06	0,30	4,07	2,56
2,4 AT G 0 65 SR	1,97	1,71	0,09	2,48	3,91
0,4 AT G 25 65 SR	0,44	0,37	0,58	5,34	1,53
0,8 AT G 25 65 SR	0,93	0,69	0,21	4,68	1,95
1,2 AT G 25 65 SR	1,03	0,79	0,18	4,07	2,13
1,6 AT G 25 65 SR	1,13	0,77	0,13	3,85	2,14
2,4 AT G 25 65 SR	2,27	1,60	0,05	2,81	4,04
0,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	0,61	0,48	0,47	5,12	1,68
0,8 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	0,76	0,58	0,23	4,84	1,70
1,2 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	1,00	0,68	0,26	4,29	2,12
1,6 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	0,93	0,67	0,43	4,78	2,16
2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	1,80	1,15	0,11	3,69	3,18
0,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	0,38	0,31	0,63	5,06	1,46
0,8 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	0,73	0,55	0,22	5,24	1,62
1,2 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	0,97	0,68	0,21	4,84	1,97
1,6 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	0,92	0,73	0,19	3,74	1,94
2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	1,92	1,40	0,10	2,97	3,55
1,6 AT G 0 76 SR	1,69	1,56	0,13	2,91	3,52
1,6 AT G 25 76 3º RNC G 25 76	1,52	1,06	0,13	3,69	2,83
0,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	0,04	0,09	1,05	6,11	1,28
0,25 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	0,32	0,23	0,66	5,99	1,34
0,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	0,64	0,55	0,39	5,17	1,71
0,75 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	0,77	0,55	0,25	4,84	1,71
1,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1,43	1,14	0,14	3,63	2,89
1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1,59	1,30	0,18	3,62	3,23
0,25 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	0,51	0,33	0,54	6,16	1,50
0,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1,02	0,60	0,21	4,46	1,98
0,75 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1,00	0,56	0,30	4,90	2,02
1,00 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1,46	0,95	0,02	3,74	2,58
1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1,23	0,74	0,23	4,35	2,34
0,25 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	0,25	0,22	0,57	5,34	1,18
0,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	0,67	0,58	0,50	4,95	1,91
0,75 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	0,97	0,83	0,19	4,29	2,16
1,00 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1,14	0,94	0,06	4,40	2,29
1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1,72	1,36	0,02	3,58	3,28
0,25 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	0,46	0,33	0,67	5,56	1,64
0,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	0,68	0,40	0,42	5,01	1,67
0,75 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	0,75	0,50	0,38	4,79	1,74
1,00 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	0,89	0,67	0,11	4,62	1,83
1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	0,95	0,74	0,27	4,57	2,07

^{1/} Acetato de cálcio 0,5 mol/L, pH = 7,0.

Quadro 7. Contrastes médios para as características químicas do solo, dois anos após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Contrastes	Efeitos				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t
	----- cmol _c /dm ³ -----				
F ^{1/} vs AT ^{2/}	0,12	0,13 *	-0,05	-0,43 *	0,17
(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	0,87 **	0,64 **	-0,46**	-1,11 *	1,06 **
G 0 ^{5/} vs G 25 ^{6/} d/ AT	0,06	-0,17	0,00	0,29	-0,10
ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G 0 d/ AT	-0,61	0,50	-0,17	-1,16	0,96
ER d/ 1,6 NC d/ G 25 d/ AT	0,60	0,36	-0,18	-0,57	0,78
SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G 25 d/ AT	-0,16	-0,12	0,06	0,31	-0,22
RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G 25 d/ AT	-0,04	0,02	-0,03	-0,17	-0,06
(-) vs Cal d/ F	0,88 **	0,59 **	-0,74 *	-1,41 *	0,77 **
G 0 vs G 25 d/ F	-0,05	-0,19 *	0,02	0,24	-0,23
RPP vs RNC d/ G 0 d/ F	-0,00	-0,03	-0,06	-0,14	-0,01
RPP vs RNC d/ G 25 d/ F	-0,30	-0,11	0,11	0,19	-0,29

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Morelli et al. (1992), estudando os efeitos de doses crescentes de calcário e de gesso (0; 2; 4 e 6 t/ha para ambos), na produtividade de cana-de-açúcar e nas características químicas do solo, encontrou aumento linear dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, em função das doses de calcário estudadas. Raij et al. (1994), encontraram resultados semelhantes, estudando o uso de calcário e gesso em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com soja. Outros autores (Pavan et al., 1984; Rosolen & Machado, 1984 e Silveira, 1995) também reportam resultados semelhantes.

Os teores de Al³⁺ e de H+Al, foram reduzidos em magnitudes expressivas. As médias para os tratamentos com calagem em toda a área, foram de 0,27 cmol_c/dm³ para Al³⁺ e 4,28 cmol_c/dm³ para H+Al, já a testemunha, apresentou teores iguais a 0,73 cmol_c/dm³ de Al³⁺ e 5,39 cmol_c/dm³ de H+Al. Nos tratamentos em que as aplicações de calcário foram em faixa, os teores de Al³⁺ e H+Al foram de 0,31 cmol_c/dm³ e 4,70 cmol_c/dm³, bem menores que os da testemunha, 1,05 cmol_c/dm³ de Al³⁺ e 6,11 cmol_c/dm³ de H+Al. Estes resultados confirmam a eficiência da calagem no aumento da disponibilidade de Ca²⁺ e de Mg²⁺, bem como na redução dos teores de Al³⁺. Morelli et al. (1992), relataram que os teores de Al³⁺, em solo cultivado sob

cana-de-açúcar, diminuíram de acordo com as doses de calcário aplicadas, passando de 0,73 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, na testemunha, sem calagem, para 0,38; 0,17; e 0,13 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente para as doses de 2, 4 e 6 t/ha de calcário. Raij et al. (1994), para a soja, encontraram resultados semelhantes, aplicando doses crescentes de calcário (0; 0,4; 1,6; 3,6; 6,4 e 10 t/ha) e de gesso (0,9; 2,5; 4,9; 8,1 e 12,1 t/ha), em um Latossolo Vermelho distrófico.

A aplicação de calcário em toda a área, comparativamente a aplicação localizada em faixa, não resultou em efeitos, em média, para os teores de Ca^{2+} , mas proporcionou efeito positivo (Quadro 7) na elevação dos teores de Mg^{2+} , dadas às doses de calcário mais elevadas, aplicadas em área total, como também constatou Corrêa (1992), estudando três doses de calcário dolomítico (0; 3,65 e 7,30 t/ha) combinadas com quatro doses de gesso (0; 2,5; 5,0 e 10 t/ha) em um Latossolo Vermelho distrófico, sob cafeeiros. Assim, a média dos tratamentos que receberam aplicações de calcário em toda a área, foi igual a 0,78 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg^{2+} , enquanto para a aplicação de calcário em faixa, a média foi de 0,65 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ Mg^{2+} . Entretanto, em média, a aplicação de calcário em área total, foi menos eficiente que a aplicação de calcário em faixa, na redução dos teores de H+Al. Enquanto as aplicações de calcário em toda a área proporcionaram, em média, teor de H+Al de 4,77 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, nas aplicações de calcário em faixa foi de 4,33 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Todavia, para os teores de Ca^{2+} e de Al^{3+} , não se observaram diferenças, em média (Quadro 7), entre a aplicação do calcário em faixa e em área total. A média dos teores de Ca^{2+} , nos tratamentos em que a aplicação foi em área total, foi de 1,00 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e nos tratamentos em que a aplicação foi realizada em faixa, foi de 0,88 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. A calagem em toda a área resultou em 0,29 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al^{3+} e as aplicações em faixa, 0,34 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al^{3+} .

O uso de gesso combinado com calcário, e a diferença de PRNT, provenientes de mesmo PN e diferente RE, dos calcários usados, em média, não resultaram em efeitos diferenciados sobre as características químicas do solo (Quadro 7), resultados também encontrados por Ernani (1986). Todavia, Corrêa (1992), aplicando doses de calcário e de gesso, em Latossolo Vermelho distrófico, para a cultura do cafeeiro, encontrou aumento linear dos teores Ca^{2+} de acordo com as doses de gesso. Morelli et al.(1992), com cana-de-açúcar e Silveria (1995), com cafeeiro, em um Latossolo Vermelho

distrófico, também encontraram variações nas características químicas do solo, de acordo com doses de gesso. Já Souza & Neptune (1979), estudando três granulometrias de calcário, comercial, média e fina, encontraram influências distintas nas características químicas de um Latossolo Vermelho, de acordo com o material usado na correção do solo.

Quanto às equações de regressão para os teores de Ca^{2+} em função das doses de calcário estudadas, obtiveram-se bons ajustes, R^2 variando de 0,72 a 0,99, com aumento linear dos teores de Ca^{2+} (Quadro 8), em resposta às doses aplicadas. Tanto para as aplicações de calcário em toda a área, como nas aplicações de calcário em faixas, o comportamento não foi influenciado pela diferença entre o PRNT (diferentes com relação a RE) dos calcários utilizados, sendo linear, para todos os manejos da calagem e da gessagem empregados.

Aumentos lineares dos teores de Ca^{2+} da camada superficial, em resposta a doses de calcário aplicadas, também foram observados por Silveira (1995), Raij et al. (1982) e Rosolen & Machado (1984).

O uso de gesso incrementou as taxas² de recuperação de Ca^{2+} , em função das doses de calcário adicionadas, sendo a média das taxas para os tratamentos que receberam calagem+gessagem em área total de 0,75 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, enquanto os tratamentos onde não se usou gesso, apresentaram 0,70 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, mostrando um aumento das taxas igual a 7 % quando se usou calcário+gesso. Para as aplicações de calcário localizadas em faixa, o comportamento foi o oposto. Os tratamentos que receberam apenas calcário, apresentaram média das taxas igual a 1,12 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, e nos tratamentos com aplicação de calcário+gesso, a média das taxas foi de 0,69 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, resultando em uma diminuição de 38,4 %, quando se usou calagem+gessagem. A movimentação de Ca^{2+} da camada amostrada para camadas mais profundas, como efeito do uso do gesso, possivelmente resultou na diminuição das taxas de recuperação, sobretudo por que as doses aplicadas em faixa (até 1,5 NC), foram bem menores que as aplicadas em toda a área (até 2,4 NC).

² Taxa = coeficiente de regressão linear da equação.

Quadro 8. Equações de regressão para os teores de Ca^{2+} ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,09 + 0,72^{**} x$	0,94
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 0,13 + 0,82^{**} x$	0,94
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 0,24 + 0,60^{**} x$	0,92
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,12 + 0,68^{**} x$	0,94
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 0,07 + 1,10^{**} x$	0,95
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 0,33 + 0,81^{**} x$	0,72
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 0,04 + 1,13^{**} x$	0,99
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 0,25 + 0,56^{**} x$	0,82

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Os teores de Mg^{2+} aumentaram linearmente, em função das doses de calcário aplicadas (Quadro 9), em todas as formas de manejo da calagem e gessagem. As equações apresentaram ajustes que proporcionaram boa capacidade preditiva, com R² entre 0,70 a 0,98.

Para os tratamentos que receberam calagem localizada em faixa, observou-se uma redução das taxas de recuperação do Mg^{2+} em resposta às doses de calcário utilizadas e aos manejos empregados, quando se utilizou gesso, passando a média das taxas, de 0,87 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, nos tratamentos que não receberam gesso, para 0,45 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, quando se aplicou calcário+gesso, sendo essa diminuição de 93 %, resultado da movimentação em profundidade do Mg^{2+} , combinado com o SO_4^{2-} , proveniente da solubilização do gesso (Pavan, 1986). Resultados semelhantes foram encontrados por Guimarães (1992), em um Latossolo Vermelho, aplicando doses crescentes de calcário (0; 0,75; 1,5 e 3 t/ha) e de gesso (0; 1,20 e 2,58 t/ha), em solo sob a cultura do café.

Corrêa (1992), estudando três doses de calcário dolomítico (0; 3,65 e 7,30 t/ha), combinadas com quatro doses de gesso (0; 2,5; 5,0 e 10 t/ha), em um Latossolo Vermelho distrófico, para a cultura do cafeeiro, encontrou aumento linear dos teores de Mg^{2+} , de acordo com o aumento das doses de calcário estudadas. Resultados semelhantes também foram relatados por Morelli et al. (1992), com cana-de-açúcar e por Bolívar (1993), com cafeeiro.

Quadro 9. Equações de regressão para Mg^{2+} ($cmol_c/dm^3$), no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,15 + 0,61^{**} x$	0,95
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 0,15 + 0,55^{**} x$	0,92
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 0,24 + 0,36^{**} x$	0,92
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,12 + 0,49^{**} x$	0,95
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 0,07 + 0,87^{**} x$	0,93
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 0,23 + 0,47^{**} x$	0,70
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 0,09 + 0,87^{**} x$	0,98
F d/ G 25 d/ RNC	$y = 0,17 + 0,42^{**} x$	0,93

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

As equações de regressão para os teores de Al^{3+} em função das doses de calcário aplicadas, mostraram bom ajuste (R² de 0,71 a 0,97), e houve comportamento distinto, de acordo com o manejo utilizado (Quadro 10). Para os tratamentos que receberam aplicação de calcário em toda a área, os teores de Al^{3+} diminuíram linearmente com o aumento das doses de calcário empregadas. Entretanto para a aplicação da calagem em faixa, o comportamento dos teores de Al^{3+} de acordo com o aumento das doses de calcário, foi quadrático. As taxas de neutralização do Al^{3+} , foram menores à medida que se aumentaram as doses, como indicado pela significância do componente quadrático, indicando uma rápida taxa de neutralização nas

menores doses, e menos intensa nas maiores. Possivelmente, essa diferença de comportamento resulte das maiores doses de calcário usadas nas aplicações em toda a área, com o objetivo de protelar a calagem posterior ou não se aplicar mais calcário (Quadro 1), pois as maiores doses, em área total neutralizaram praticamente todo o Al^{3+} , sendo a forma da resposta linear, enquanto as menores doses, em faixa, que não neutralizaram todo o Al^{3+} , resultaram em curvatura na resposta. Observou-se, em geral, maior taxa de redução dos teores de Al^{3+} , quando se utilizou calagem+gessagem, em relação ao uso somente de calagem, resultante do efeito do gesso na neutralização do Al^{3+} (Pavan, 1986).

Morelli et al. (1992), em solos sob cana-de-açúcar, encontrou redução de forma quadrática dos teores de Al^{3+} , com o aumento das doses de calcário empregadas, passando de 0,73 $cmol_c/dm^3$ na testemunha, para 0,38; 0,17; e 0,13 $cmol_c/dm^3$, nas doses de 2; 4 e 6 t/ha.

Quadro10. Equações de regressão para Al^{3+} ($cmol_c/dm^3$), no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,59 - 0,23^{**} x$	0,73
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 0,62 - 0,28^{**} x$	0,80
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 0,58 - 0,20^{**} x$	0,71
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,63 - 0,27^{**} x$	0,76
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 1,03 - 1,58^{**} x + 0,68^{**} x^2$	0,75
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 0,99 - 1,79^{**} x + 0,86^{**} x^2$	0,93
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 1,01 - 1,50^{**} x + 0,55^{**} x^2$	0,97
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 1,04 - 1,52^{**} x + 0,66^{**} x^2$	0,97

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Os teores de H+Al, diminuíram linearmente, à medida que se aumentaram as doses de calcário (Quadro 11). As taxas mostraram que a diminuição foi expressiva, sendo a média das taxas, para todos os manejos da calagem em toda a área igual a -0,99 cmol_c/dm³/NC, enquanto a média das taxas dos tratamentos em que a aplicação de calcário foi localizada em faixa, resultou em redução na magnitude de -1,14 cmol_c/dm³/NC. Os R² variaram de 0,78 a 0,98, evidenciando a boa capacidade preditiva dos modelos escolhidos. O uso de gesso proporcionou redução nas taxas, nos tratamentos em que a calagem foi em faixa, sendo a média das taxas dos tratamentos onde não foi usado gesso, igual a -1,76 cmol_c/dm³/NC, enquanto a média dos tratamentos que receberam gesso foi de -1,23 cmol_c/dm³/NC, resultando em diminuição média nas taxas, de 43 %, quando se usou calcário+gesso, evidenciando o efeito do gesso na neutralização do Al³⁺ em profundidade, como também observaram Ritchey et al. (1980) e Pavan (1983).

Morelli et al. (1992), em um Latossolo Vermelho distrófico, sob cana-de-açúcar, encontrou resultados semelhantes.

Quadro 11. Equações de regressão para H+Al (cmol_c/dm³), no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	Y = 5,49 - 1,13 ** x	0,87
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	Y = 5,56 - 1,13 ** x	0,98
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	Y = 5,37 - 0,64 ** x	0,84
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	Y = 5,66 - 1,05 ** x	0,88
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	Y = 6,17 - 1,92 ** x	0,90
F d/ G 25 d/ RPP	Y = 5,91 - 1,44 ** x	0,78
F d/ G 0 d/ RNC	Y = 5,84 - 1,59 ** x	0,93
F d/ G 25 d/ RNC	Y = 5,79 - 1,01 ** x	0,81

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Quanto à CTC efetiva do solo em função das doses de calcário estudadas (Quadro 12), fica claro o efeito positivo do calcário no aumento da CTC efetiva, inclusive com R^2 (0,78 a 0,94), que evidenciaram boa capacidade preditiva.

Nos tratamentos que receberam calagem em toda a área, a média das taxas de aumento da CTC efetiva foi de 0,96 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3/\text{NC}$, enquanto nos tratamentos em que a calagem foi feita em faixa, a média das taxas foi de 1,02 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3/\text{NC}$.

O uso de gesso provocou redução nas taxas, que passaram de 1,41 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3/\text{NC}$, nos tratamentos que receberam apenas calcário, para 0,63 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3/\text{NC}$, nos tratamentos em que foi aplicada a mistura calcário+gesso. Resultados semelhantes, com relação à aumentos da CTC do solo em resposta ao uso de gesso, foram obtidos por Pavan (1986). Raij et al. (1994) também encontraram resultados parecidos, estudando o comportamento de características químicas do solo de acordo com aplicações de calcário e de gesso em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com soja.

Quadro 12. Equações de regressão para CTC efetiva ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$), no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R^2
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,94 + 1,11^{**} x$	0,94
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 1,02 + 1,08^{**} x$	0,87
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 1,19 + 0,76^{**} x$	0,94
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,99 + 0,90^{**} x$	0,87
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 1,07 + 1,44^{**} x$	0,88
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 1,42 + 0,80^{**} x$	0,78
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 1,10 + 1,38^{**} x$	0,94
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 1,40 + 0,46^{**} x$	0,90

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1% de probabilidade.

3.2. Ano 3 (2001/2002)

3.2.1. Características químicas do solo

Os resultados das características químicas do solo, em amostragem realizada na profundidade 0 a 20 cm, em novembro de 2001, indicam, ao se compararem os tratamentos sem calcário e com calcário, o efeito positivo da calagem para elevação do pH e dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , e diminuição dos teores de Al^{3+} , para as duas formas de aplicação (Quadros 13 e 14). As testemunhas, apresentaram baixa disponibilidade de Ca^{2+} e de Mg^{2+} (0,28 e 0,05 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca^{2+} e Mg^{2+} e 0,42 e 0,06 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, de Ca^{2+} e Mg^{2+}), muito inferiores aos recomendados para o cafeeiro, que é de 3,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, para a soma dos teores dos dois cátions, conforme Guimarães et al. (1999). Resultados semelhantes foram encontrados por Bolívar (1993), em solo sob cafeeiro.

As aplicações de calcário em área total, com doses que atingiram até a 2,4 NC, resultaram, em média (Quadros 13 e 14), em maior elevação do pH do solo, dos teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , bem como na diminuição dos teores de Al^{3+} , se comparadas às aplicações em faixa, que foram realizadas com doses menores (até 1,5 NC). Os resultados obtidos mostram comportamento semelhante entre os teores de Mg^{2+} desta amostragem e os do ano anterior, quando comparadas as formas de aplicação. Entretanto, os teores de Ca^{2+} , que no ano anterior não se diferenciaram de acordo com a forma de reposição, agora foram aumentados para a calagem realizada em área total.

A aplicação de gesso misturado com calcário, em toda a área, diminuiu os teores de Mg^{2+} . A média dos tratamentos com calcário e sem gesso, foi 0,63 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, contra 0,50 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, quando se usou calcário+gesso, com redução de 20,6 %. Diminuição dos teores de Mg^{2+} pelo uso de gesso misturado ao calcário, foi obtida por Pavan et al. (1984) e também por Shainberg et al. (1989). O uso do gesso em conjunto com o calcário, nas aplicações localizadas em faixa, também diminuiu os teores de Mg^{2+} no solo. Nos tratamentos que não receberam gesso misturado ao calcário, a média dos teores de Mg^{2+} foi 0,37 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, enquanto para os tratamentos em que foi usado gesso, a média foi 0,22 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg^{2+} , resultando em redução de

40,5 %. Essa diminuição, indica a movimentação de Mg em profundidade, como efeito do uso de gesso, por meio da formação de MgSO₄ (Pavan, 1986).

Quadro 13. Características químicas do solo, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Tratamento	pH ^{1/}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺		t	m
				cmol _c dm ⁻³			
					H+Al ^{2/}		%
0,0 AT G 0 65 SR	3,87	0,28	0,05	1,32	6,00	1,82	72,2
0,4 AT G 0 65 SR	4,17	0,48	0,13	0,77	6,12	1,55	45,8
0,8 AT G 0 65 SR	4,67	1,17	0,41	0,33	4,88	2,12	16,4
1,2 AT G 0 65 SR	4,70	1,11	0,51	0,29	5,30	2,10	14,2
1,6 AT G 0 65 SR	5,17	1,68	0,88	0,05	3,96	2,78	2,3
2,4 AT G 0 65 SR	5,47	2,01	1,20	0,01	2,66	3,39	0,5
0,4 AT G 25 65 SR	4,30	0,52	0,14	1,01	5,72	1,86	53,5
0,8 AT G 25 65 SR	4,13	0,47	0,19	1,09	6,16	1,94	56,3
1,2 AT G 25 65 SR	4,77	1,11	0,39	0,45	5,13	2,17	20,2
1,6 AT G 25 65 SR	5,20	1,86	0,86	0,01	3,65	2,94	0,5
2,4 AT G 25 65 SR	6,00	1,76	0,73	0,08	4,16	2,81	3,1
0,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	4,27	0,56	0,11	1,12	6,05	1,96	57,1
0,8 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	4,80	1,29	0,50	0,26	4,25	2,26	10,7
1,2 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	4,90	1,54	0,52	0,35	4,64	2,61	14,6
1,6 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	4,93	1,39	0,52	0,16	4,40	2,28	6,2
2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	5,33	2,13	1,01	0,04	3,48	3,43	1,5
0,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	4,23	0,63	0,11	0,97	5,33	1,90	49,7
0,8 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	4,37	0,68	0,19	0,80	5,04	1,88	43,2
1,2 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	5,07	1,68	0,65	0,21	3,74	2,82	7,5
1,6 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	5,07	1,70	0,63	0,13	3,56	2,68	5,4
2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	5,23	2,49	0,98	0,01	3,59	3,70	0,3
1,6 AT G 0 76 SR	5,77	2,58	1,56	0,01	1,96	4,36	0,3
1,6 AT G 25 76 3º RNC G 25 76	5,37	2,03	1,01	0,09	2,88	3,32	4,1
0,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	3,73	0,42	0,06	1,25	6,36	1,92	64,2
0,25 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,10	0,64	0,07	1,21	5,96	2,10	57,8
0,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,37	0,71	0,22	0,80	5,21	1,92	42,5
0,75 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,53	0,83	0,22	0,63	4,18	1,89	32,7
1,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,67	1,05	0,41	0,53	4,29	2,19	52,9
1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	5,07	1,75	0,80	0,05	3,10	2,92	15,0
0,25 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	3,97	0,42	0,08	1,32	5,79	2,00	66,4
0,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	4,23	0,66	0,16	1,03	5,04	2,02	50,4
0,75 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	4,43	0,95	0,19	0,87	4,82	2,20	38,6
1,00 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	4,57	1,10	0,33	0,55	3,85	2,17	22,7
1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	4,83	1,38	0,47	0,33	3,54	2,39	14,4
0,25 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,10	0,40	0,13	1,07	5,17	1,74	59,2
0,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,40	0,76	0,21	0,71	4,64	1,89	37,7
0,75 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,63	1,13	0,36	0,49	4,31	2,21	23,3
1,00 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,83	1,31	0,53	0,33	3,65	2,38	15,3
1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	5,03	1,70	0,79	0,17	3,56	2,85	6,4
0,25 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	4,30	0,66	0,19	0,95	4,66	1,96	46,7
0,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	4,17	0,54	0,12	0,93	5,61	1,71	54,4
0,75 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	4,30	0,79	0,13	0,95	5,83	2,00	46,8
1,00 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	4,40	0,73	0,19	0,81	4,07	1,84	44,3
1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	4,60	1,24	0,32	0,47	3,94	2,15	21,4

^{1/} Água, relação 1 : 2,5; ^{2/} Acetato de cálcio 0,5 mol/l, pH = 7,0.

Quadro 14. Contrastes médios para as características químicas do solo, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Contrastes	Efeitos						
	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	m
		----- cmol/dm ³ -----					%
F ^{1/} vs AT ^{2/}	0,35 **	0,35 **	0,23 **	-0,29 **	0,01	0,31 **	-15,81 **
(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	0,97 **	1,03 **	0,48 **	-0,91 **	-1,41 *	0,64 **	-51,75 **
G 0 ^{5/} vs G 25 ^{6/} d/ AT	0,00	0,03	-0,12 **	0,16	0,01	0,09	6,15
ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G 0 d/ AT	0,60 *	0,90 **	0,68 **	-0,04	-2,00 *	1,58 **	-2,00
ER d/ 1,6 NC d/ G 25 d/ AT	0,37	0,49	0,44 **	-0,06	-1,10	0,84 **	-1,72
SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G 25 d/ AT	-0,06	0,27 *	0,06	-0,12	-0,56	0,21	-7,10
RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G 25 d/ AT	-0,05	0,05	-0,02	0,04	-0,31	0,09	3,23
(-) vs Cal d/ F	0,75 **	0,52 *	0,24	-0,54 **	-1,80 **	0,21	-26,78 **
G 0 vs G 25 d/ F	-0,19	-0,18	-0,16 **	0,22 **	0,31	-0,17	6,34 *
RPP vs RNC d/ G 0 d/ F	0,05	0,06	0,06	-0,09	-0,28	-0,01	-11,80 *
RPP vs RNC d/ G 25 d/ F	-0,05	-0,11	-0,06	0,00	0,21	-0,22	4,21

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa, PRNT 65 vs 76 %; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Nogueira & Mozeto (1990) estudando as reações químicas do SO_4^{2-} e do CaCO_3 , em seis solos sob vegetação de cerrado, verificaram aumento de Mg^{2+} , na média dos seis solos, de $0,22 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Reeve & Summer (1972) e Rosolem & Machado (1984), encontraram resultados semelhantes. A elevação dos teores de Mg^{2+} foi resultado do efeito promovido pela ação do SO_4^{2-} , removendo Ca^{2+} e Mg^{2+} da região de solubilização das partículas dos carbonatos, auxiliando a ação dos ácidos do solo sobre o calcário.

Além dos mecanismos de adsorção, o SO_4^{2-} na solução do solo precipita-se principalmente como sulfato básico de alumínio (Yamada, 1988; Parfitt & Smart, 1978). A precipitação dos íons SO_4^{2-} formando $\text{Al}_4(\text{OH})_{10}\text{SO}_4$ e $\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$, foi proposta inicialmente por Adams & Rawajfih (1977) como um processo envolvido na diminuição do SO_4^{2-} da fase solúvel. A aplicação de CaSO_4 ao solo também poderia impedir a toxidez do Al^{3+} por meio da precipitação deste em reações de neutralização (Kindare & Parker, 1987). Ritchey et al. (1980) consideram que a liberação de hidroxilas causada pela adsorção de sulfato promoveria a neutralização de parte do Al^{3+} .

O uso de gesso teve efeito positivo na diminuição dos teores de Al^{3+} , possivelmente pela formação de compostos envolvendo o ânion acompanhante SO_4^{2-} , além da presença do flúor na composição do gesso, formando AlF_2^+ (Chaves, 1988; Pavan, 1983), o que possivelmente contribuiu, de acordo com os resultados obtidos neste estudo (Quadros 13 e 14), para a diminuição dos teores de Al^{3+} nos tratamentos que receberam gesso. Todavia, apenas nos tratamentos cujas aplicações de calcário foram realizadas em faixa, houve redução nos teores de Al^{3+} . Como nas aplicações de calcário em área total as doses eram superiores, a diminuição de Al^{3+} , possivelmente foi resultado da ação da calagem, tendo camuflado o efeito dos produtos da solubilização do gesso na formação de compostos com o Al^{3+} .

Em média, a aplicação de gesso não alterou o pH do solo, como também foi verificado por Morelli et al. (1992), Rosolen & Machado (1984), e ainda, Ernani (1986), Quaggio et al. (1982), Pavan et al. (1984) e Kiehl & Franco (1984). Todavia, outros trabalhos constataram modificações no pH em resposta ao uso do gesso (Nogueira & Mozeto, 1990; Corrêa, 1992) e Silveria

(1995), atribuindo-as à troca de SO_4^{2-} por OH^- , proposta inicialmente por Reeve e Summer (1972).

O calcário com menor PRNT (65 %), de menor RE (84 %), possivelmente teve maior efeito residual, além de ter sido aplicado em quantidades maiores, em área total, proporcionando elevação do pH e dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , bem como da CTC efetiva, tanto na ausência quanto na presença de gesso, se comparado ao calcário de PRNT 76 %, com RE (97 %). Porém, não se observaram diferenças nos teores de Al^{3+} comparando os calcários de diferentes RE usados no experimento, pois as magnitudes atingidas pelo pH após a correção do solo com ambos os calcários, foram semelhantes e suficientes para a precipitação do Al^{3+} . Em um Latossolo Vermelho eutrófico, de textura média, Souza & Neptune (1979), encontraram maior elevação do pH quando se utilizou o calcário de textura mais fina, portanto com maior superfície específica e maior contato com o solo (Albrecht, 1946 e Barrows et al., 1948), apesar de os teores de Al^{3+} não terem sido influenciados pelos calcários usados (Erico et al., 1976).

As equações de regressão para pH em função das doses de calcário usadas (Quadro 15), mostraram bom ajuste, e incrementos lineares no pH, sendo a média das taxas, que se assemelharam, igual a elevação de 0,68 e 0,72 unidade de pH/NC, respectivamente de acordo com o aumento das doses de calcário aplicadas em toda a área ou localizadas em faixa, com R^2 entre 0,75 e 0,97.

O uso de gesso misturado ao calcário, nas aplicações em faixa, resultou em diminuição das taxas de aumento do pH. A média das taxas, nos tratamentos que não receberam gesso, foi de 0,85 unidades de pH/NC, enquanto nos tratamentos em que se aplicou calcário+gesso, a média das taxas, foi 0,60 unidades de pH/NC. Essa redução de 29,4 % nas taxas de aumento do pH em H_2O , possivelmente se deve ao efeito salino, provocado pelo uso do gesso, resultante da movimentação de bases em profundidade ou da hidrólise do Al^{3+} (Raij et al., 1982). Outros autores também encontraram redução do pH como efeito do uso de gesso (Pavan et al., 1984; Soprano, 1989 e Alva et al., 1990).

Morelli et al. (1992) e Silveira (1995), também constataram aumento linear do pH na camada arável do solo em resposta ao aumento das doses de calcário aplicadas.

Quadro 15. Equações de regressão para pH do solo, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 3,95 + 0,67^{**} x$	0,95
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 3,76 + 0,88^{**} x$	0,95
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 4,07 + 0,57^{**} x$	0,86
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 3,99 + 0,60^{**} x$	0,86
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 3,84 + 0,84^{**} x$	0,97
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 3,80 + 0,73^{**} x$	0,96
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 3,87 + 0,86^{**} x$	0,94
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 3,93 + 0,46^{**} x$	0,75

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; **, significativo a 1 % de probabilidade.

Quanto aos teores de Ca²⁺, as equações de regressão (Quadro 16), mostraram aumento linear em resposta às doses de calcário aplicadas em todos os manejos da calagem e da gessagem, exceto para os tratamentos que receberam gesso combinado com calcário em toda a área, sem reposição, no qual o comportamento foi quadrático. Os R² variaram entre 0,83 e 0,94.

Os tratamentos que receberam calcário+gesso em faixa, apresentaram taxas de recuperação de Ca²⁺, em função das doses de calcário aplicadas, menores que nos tratamentos em que foi aplicado apenas calcário. A média dos tratamentos que receberam gesso foi de 0,77 cmol_c/dm³/NC, enquanto nos tratamentos sem uso de gesso, a média foi igual a 0,88 cmol_c/dm³/NC. Essa redução de 12,5 % nas taxas, resultou do efeito do gesso na movimentação do

Ca²⁺ em profundidade (dados não apresentados). Resultados semelhantes foram obtidos por Pavan (1986).

Quadro 16. Equações de regressão para Ca²⁺ (cmol_c/dm³), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,32 + 0,74^{**} x$	0,94
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 0,15 + 0,94^{*} x - 0,09^{**} x^2$	0,84
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 0,40 + 0,74^{**} x$	0,90
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,23 + 0,94^{**} x$	0,94
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 0,34 + 0,82^{**} x$	0,92
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 0,35 + 0,70^{**} x$	0,96
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 0,32 + 0,94^{**} x$	0,96
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 0,41 + 0,83^{**} x$	0,83

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; * e ** : significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Com relação aos teores de Mg²⁺, os modelos escolhidos (Quadro 17), indicaram elevação, com média das taxas de recuperação do Mg²⁺ em função das doses de calcário adicionadas, igual a 0,41 cmol_c/dm³/NC, na aplicação em toda a área e 0,35 cmol_c/dm³/NC, para calagem localizada em faixa. As maiores doses de calcário aplicadas em toda a área (atingindo até 2,4 NC, enquanto em faixa, a maior dose foi 1,5 NC), possivelmente explicam este maior incremento para a calagem em área total. Os tratamentos que receberam calcário+gesso, apresentaram taxas de recuperação de Mg²⁺, em função das doses de calcário aplicadas, menores que nos tratamentos em que foi aplicado apenas calcário. A média dos tratamentos que receberam gesso foi de 0,35 cmol_c/dm³/NC, enquanto nos tratamentos sem uso de gesso, a média foi igual a 0,50 cmol_c/dm³/NC. Essa redução de 30 % nas taxas de recuperação, resultou do efeito do gesso na movimentação do Mg²⁺ em profundidade (dados não apresentados).

Quadro 17. Equações de regressão para Mg^{2+} ($cmol/dm^3$), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 0,00 + 0,50^{**} x$	0,97
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 0,02 + 0,34^{**} x$	0,80
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 0,04 + 0,38^{**} x$	0,97
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 0,00 + 0,41^{**} x$	0,92
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 0,03 + 0,49^{**} x$	0,91
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 0,02 + 0,28^{**} x$	0,96
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 0,01 + 0,50^{**} x$	0,98
F d/ G 25 d/ RNC	$y = 0,08 + 0,14^{**} x$	0,72

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Os teores de Al^{3+} diminuíram curvilinearmente com o aumento das doses de calcário, para a aplicação de calcário em área total, já na aplicação localizada em faixa, a variação foi linear (Quadro 18). O comportamento diferenciado entre as formas de aplicação, resulta da reposição de calagem, a partir do segundo ano, para os tratamentos que receberam aplicações em faixa, contribuído para neutralizar linearmente os teores de Al^{3+} , já que o solo estudado possui elevada capacidade tampão. Os tratamentos que não haviam recebido reposição, apresentaram curvatura na variação dos teores de Al^{3+} , em função do aumento das doses de calcário aplicadas.

Morelli et al. (1992) e Silveira (1995), encontraram redução quadrática dos teores de Al^{3+} , de acordo com as doses de calcário empregadas. Já Bolívar (1993), reporta redução linear dos teores de Al^{3+} em função das doses de calcário aplicadas.

Quadro 18. Equações de regressão para Al^{3+} ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 1,27 - 1,29^{**} x + 0,32^{**} x^2$	0,97
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 1,40 - 0,93^{**} x + 0,14^{**} x^2$	0,86
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 1,37 - 1,28^{**} x + 0,31^{**} x^2$	0,90
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 1,37 - 1,11^{**} x + 0,22^{**} x^2$	0,96
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 1,29 - 0,82^{**} x$	0,97
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 1,35 - 0,70^{**} x$	0,94
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 1,17 - 0,75^{**} x$	0,93
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 1,18 - 0,44^{**} x$	0,88

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Os teores de H+Al reduziram linearmente com o aumento das doses de calcário empregadas (Quadro 19). Os modelos apresentaram bom ajuste, com R² variando entre 0,74 e 0,94, indicando boa capacidade preditiva. A média das taxas de diminuição dos teores de H+Al, quando a calagem foi realizada em toda a área foi de -1,15 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, enquanto para a calagem realizada em faixa, de -1,62 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3/\text{NC}$, em função do aumento das doses de calcário. Provavelmente a reposição da calagem já no segundo ano nos tratamentos em que a calagem foi localizada em faixa, ao contrário dos que receberam calagem em área total, com reposição somente no terceiro ano, contribuiu para os maiores incrementos na neutralização da acidez potencial, dado ao tamponamento do solo, sobretudo pelas características do solo estudado, localizado no cerrado mineiro, com avançado estágio de intermperização.

Quadro 19. Equações de regressão para H+Al (cmol_c/dm³), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	Y = 6,36 - 1,44 ** x	0,90
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	Y = 6,18 - 0,99 ** x	0,83
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	Y = 5,93 - 1,06 ** x	0,80
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	Y = 5,71 - 1,10 ** x	0,82
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	Y = 6,32 - 2,20 ** x	0,95
F d/ G 25 d/ RPP	Y = 6,20 - 1,95 ** x	0,94
F d/ G 0 d/ RNC	Y = 5,81 - 1,79 ** x	0,86
F d/ G 25 d/ RNC	Y = 5,98 - 0,54 ** x	0,74

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

As equações de regressão para CTC efetiva do solo, em resposta às doses crescentes de calcário, evidenciaram aumento linear nos teores desta variável, à medida que se elevaram as doses aplicadas (Quadros 20).

Os modelos apresentaram diferentes taxas de elevação da CTC efetiva, em função das doses de calcário aplicadas e dos manejos usados. Quando se usou calagem+gessagem, houve redução das taxas. Resultados semelhantes, para aumento da CTC efetiva do solo, em resposta a doses crescentes de calcário, foram obtidos por Pavan (1986).

A reposição da calagem em área total incrementou as taxas em relação aos tratamentos sem reposição. A média das taxas nos tratamentos com reposição, foi de 0,71 cmol_c/dm³/NC, superior em 14,5 % em relação à média dos tratamentos sem reposição, que foi de 0,62 cmol_c/dm³/NC.

O uso de gesso misturado ao calcário, dentro das aplicações em faixa, com RPP, reduziu as taxas, de 0,63 cmol_c/dm³/NC, para 0,30 cmol_c/dm³/NC na ausência de gesso.

Quadro 20. Equações de regressão para CTC efetiva ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem realizada na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 1,51 + 0,73^{**} x$	0,88
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 1,71 + 0,50^{**} x$	0,79
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 1,74 + 0,61^{**} x$	0,83
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 1,60 + 0,80^{**} x$	0,88
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 1,77 + 0,63^{**} x$	0,63
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 1,91 + 0,30^{**} x$	0,94
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 1,69 + 0,70^{**} x$	0,87
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 1,93$	

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1% de probabilidade.

O comportamento dos valores de m, em função das doses de calcário aplicadas neste estudo, foi em geral, quadrático para os tratamentos que receberam calagem em toda a área e linear nos que a aplicação de calcário foi localizada em faixa (Quadro 23). A presença de curvatura na forma da resposta, parece indicar que o calcário de PRNT menor (65%), com RE (84 %), usado nas aplicações em área total, se solubilizou mais lentamente, indicando que a redução da saturação de Al^{3+} no sítio de troca não foi linear, como nos tratamentos que receberam aplicações em faixa, com o calcário de PRNT 76 % e RE (97 %).

As taxas de decréscimo no valor de m foram bem maiores para as aplicações de calcário em toda a área, se comparadas às aplicações em faixa. A média das taxas para a calagem em área total foi 62 %/NC e em faixa, de 33 %/NC.

Quadro 21. Equações de regressão para m (%), no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, em amostragem na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 71,09 - 73,74^{**} x + 18,65^{**} x^2$	0,97
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 68,78 - 32,30^{**} x$	0,84
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 74,13 - 75,95^{**} x + 19,28^{**} x^2$	0,91
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 74,39 - 64,75^{**} x + 13,88^{**} x^2$	0,94
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 63,03 - 28,22^{**} x$	0,70
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 68,47 - 38,45^{**} x$	0,93
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 62,46 - 42,11^{**} x$	0,92
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 62,26 - 23,88^{**} x$	0,82

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

Os teores de S, usando o método Hoefl et al. (1973), recomendado por Alvarez V. et al. (2001), para os solos de Minas Gerais, com extrator $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L (Quadros 22 e 23), nas profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm, após a primeira produção (julho de 2002), em média, mostraram-se, nos tratamentos com aplicação de calcário+gesso em área total, superiores aos teores encontrados nos tratamentos cujas aplicações foram localizadas em faixa. Efeito da diferença de doses aplicadas, pois em área total, aplicou-se dose de até 2,4 NC, enquanto em faixa, a maior dose foi de 1,5 NC. Na profundidade 0 a 5 cm, a média dos teores de S nos tratamentos que receberam calagem+gessagem em toda a área foi 19,1 mg/dm³, enquanto nos tratamentos que receberam calagem+gessagem em faixa, a média dos teores de S foi 16,0 mg/dm³. Nas profundidades 5 a 20 e 20 a 40 cm, as médias nos tratamentos cuja aplicação de calcário foi em área total foram 15,4 e 26,0 mg/dm³ de S, respectivamente, superiores às médias nos tratamentos que receberam calagem em faixa, 12,9 e 21,5 mg/dm³ de S.

Quadro 22. Teores de S no solo, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, em amostragem realizada após a primeira produção, nas profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm.

Tratamento	S ^{1/} - 0 a 5 cm	S - 5 a 20 cm	S - 20 a 40 cm
	----- mg/dm ³ -----		
0,0 AT G 0 65 SR	3,33	2,70	4,47
0,4 AT G 0 65 SR	3,83	3,03	5,27
0,8 AT G 0 65 SR	3,63	2,90	5,03
1,2 AT G 0 65 SR	3,90	2,97	5,70
1,6 AT G 0 65 SR	4,27	3,40	5,77
2,4 AT G 0 65 SR	3,83	3,13	5,13
0,4 AT G 25 65 SR	9,90	8,40	12,20
0,8 AT G 25 65 SR	12,30	10,40	15,10
1,2 AT G 25 65 SR	16,90	14,33	20,87
1,6 AT G 25 65 SR	22,37	18,93	27,60
2,4 AT G 25 65 SR	25,63	21,03	33,57
0,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	15,03	12,33	19,80
0,8 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	16,57	13,60	21,83
1,2 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	21,00	16,60	29,43
1,6 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	25,30	19,57	37,30
2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	27,33	21,10	40,07
0,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	14,73	12,03	19,50
0,8 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	16,80	13,40	23,20
1,2 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	18,47	14,60	26,00
1,6 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	20,80	16,20	29,87
2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	23,20	17,87	34,10
1,6 AT G 0 76 SR	5,67	4,33	8,33
1,6 AT G 25 76 3º RNC G 25 76	17,60	13,77	25,13
0,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	3,53	2,90	4,60
0,25 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	3,90	3,23	5,03
0,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,40	3,63	5,67
0,75 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	5,00	3,97	6,80
1,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,93	4,00	6,60
1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	4,93	4,03	6,43
0,25 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	12,00	10,07	15,07
0,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	12,90	10,77	16,37
0,75 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	14,17	11,67	18,40
1,00 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	20,43	16,17	28,67
1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	23,10	18,00	33,30
0,25 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,57	3,67	6,10
0,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	5,10	4,00	7,23
0,75 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,30	3,53	5,70
1,00 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,73	3,77	6,67
1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	4,63	3,73	6,13
0,25 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	6,83	5,77	8,33
0,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	14,07	11,77	17,67
0,75 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	16,13	13,17	21,33
1,00 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	18,20	14,73	24,60
1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	22,20	17,47	31,40

^{1/} Extrator = Fosfato de cálcio 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L.

Quadro 23. Contrastes médios para os teores de S no solo, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, em amostragem realizada após a primeira produção, nas profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm.

Contrastes	Efeitos		
	S – 0 a 5 cm	S – 5 a 20 cm	S – 20 a 40 cm
	----- mg/dm ³ -----		
F ^{1/} vs AT ^{2/}	4,72 **	3,74 **	6,65 **
(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	11,96 **	9,59 **	16,40 **
G 0 ^{5/} vs G 25 ^{6/} d/ AT	15,20 **	12,27 **	20,65 **
ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G 0 d/ AT	1,40	0,93	2,56
ER d/ 1,6 NC d/ G 25 d/ AT	-5,45 **	-4,12 *	-8,46 **
SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G 25 d/ AT	2,50 **	1,11	6,24 **
RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G 25 d/ AT	-2,25 *	-1,82	-3,15 **
(-) vs Cal d/ F	6,80 **	5,46 **	9,28 **
G 0 vs G 25 d/ F	11,35 **	9,20 **	15,28 **
RPP vs RNC d/ G 0 d/ F	0,03	-0,03	0,26
RPP vs RNC d/ G 25 d/ F	-1,03	-0,75	-1,70

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa, PRNT 65 vs 76 %; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

A calagem+gessagem, realizada em toda a área, ou localizada em faixa, elevou os teores de S. A média dos tratamentos que receberam calcário+gesso em área total foi de 19,1 mg/dm³ contra 3,3 mg/dm³ de S, na testemunha, para a profundidade de 0 a 5 cm, de 15,4 mg/dm³, contra 2,7 mg/dm³, para a profundidade 5 a 20 cm e 26,0 mg/dm³, contra 4,5 mg/dm³ de S, para a profundidade 20 a 40 cm. Nos tratamentos, cujas aplicações de calcário+gesso foram localizadas em faixa, a média dos teores de S, foi de 16,0 mg/dm³, contra 3,5 mg/dm³, na testemunha, para a profundidade 0 a 5 cm. Na profundidade 5 a 20 cm, a média, foi de 13,0 mg/dm³ de S, contra 2,9 mg/dm³ na testemunha. E para a profundidade 20 a 40 cm, a média foi 21,5 mg/dm³ de S, na presença de calagem+gessagem, contra 4,6 mg/dm³ de S, na testemunha.

Ernani (1986), aplicando doses crescentes de gesso (0, 2, 4, 8, 16 e 32 t/ha) sobre a superfície de um Cambissolo sob vegetação nativa, encontrou aumento dos teores de S em profundidade, com o aumento das doses de gesso.

A presença de gesso incrementou os teores de S, nas duas formas de aplicação. Nos tratamentos cuja calagem foi em toda a área, a média dos teores de S, quando se aplicou gesso combinado com calcário, foi de 19,1;

15,4 e 26,0 mg/dm³ de S, contra 3,9; 3,1 e 5,4 mg/dm³ de S nos tratamentos que receberam apenas calcário, respectivamente para as profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm. Já nos tratamentos que receberam aplicações em faixa, a média dos teores de S foi de 16,0; 13,0 e 21,5 mg/dm³, na presença de calcário+gesso, contra 4,6; 3,8 e 6,2 mg/dm³ de S, na ausência de gesso e respectivamente para as profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm.

As classes de interpretação da disponibilidade para S de acordo com o valor de P-rem, segundo Alvarez V. et al. (1999), indicam teor acima de 5,4 mg/dm³ de S, classificado como muito bom, para valores de P-rem entre 0 e 4 mg/L. Todos os tratamentos que receberam aplicações de calcário+gesso apresentaram teores de S classificados como muito bom, segundo as classes de disponibilidade de S sugeridas por Alvarez et al. (1999), para os solos de Minas Gerais, indicando a importância do gesso no fornecimento de S ao cafeeiro.

Bolívar (1993), encontrou teores de S, em avaliação realizada aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, que variaram de 20,9 a 77,6; 19,8 a 85,5 e 16,3 a 52,2 mg/dm³ de S, respectivamente nas camadas superior, média e inferior.

Houve diferenças entre os teores de S, quando comparado o uso de gesso dentro dos calcários de diferente RE (84 e 97 %), dentro da dose de 1,6 NC, sendo os teores de S, maiores com o uso do calcário de menor RE (médias de 23,5; 17,9 e 33,6 mg/dm³ contra 17,6; 13,7 e 25,1 mg/dm³ de S, respectivamente para as profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm). Estes resultados indicam menor solubilização do calcário de menor RE, e conseqüentemente, menor formação de compostos entre os produtos da solubilização do gesso e do calcário, resultando em teores mais elevados de S.

Na reposição de calcário em área total, o uso de gesso, aumentou os teores de S nas profundidades amostradas. As médias dos tratamentos que receberam aplicação de reposição de calcário+gesso, foram de 19,9; 15,7 e 28,1 mg/dm³, contra 17,4; 14,6 e 21,9 mg/dm³ de S para os tratamentos sem reposição de calagem+gessagem, nas profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente.

Só foram encontradas significâncias para ajustar equações de regressão para os teores de S em função das doses de calcário aplicadas (Quadros 24 a

26), quando o manejo envolvia combinação calcário+gesso, caso contrário, na ausência de gesso, o comportamento dos teores de S era constante, não se alterando com o aumento das doses de calcário. Dentre os manejos envolvendo a combinação calagem+gessagem, chama a atenção uma tendência de comportamento quadrático para o aumento dos teores de S em função das doses de calcário+gesso empregadas em toda a área, e linear para os tratamentos cuja calagem+gessagem foi localizada em faixa, em todas as profundidades do solo amostradas, resultado das maiores doses aplicadas em área total, que promoveram curvatura na forma da resposta. Bolívar (1993) encontrou aumento linear dos teores de S na camada inferior e média, de acordo com as doses empregadas. Com relação às taxas de aumento dos teores de S em resposta aos manejos da calagem e gessagem, dentro das profundidades, não houve comportamento que se destacasse, tendo as variações se assemelhado, porém, entre as profundidades, foram observadas taxas maiores para as profundidades 0 a 5 cm e 20 a 40 cm. E entre estas, destacam-se as taxas mais elevadas para a camada subsuperficial, indicando a movimentação do SO_4^{2-} em profundidade.

Quadro 24. Equações de regressão para S no solo (mg/dm^3), em amostragem realizada após a primeira produção, na profundidade de 0 a 5 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = \bar{y} = 3,80$	
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 5,09 + 9,35^{**} x$	0,96
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 4,82 + 19,35^{**} x - 4,19^{**} x^2$	0,96
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 3,55 + 18,76^{**} x^{0,5} - 4,05^{**} x$	0,99
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 4,45$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 6,25 + 12,16^{**} x$	0,91
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 4,48$	
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 5,10 + 12,59^{**} x$	0,93

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; **: significativo a 1 % de probabilidade.

Quadro 25. Equações de regressão para S no solo (mg/dm³), em amostragem realizada após a primeira produção, na profundidade de 5 a 20 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = \bar{y} = 3,02$	
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 4,40 + 7,71^{**} x$	0,95
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 4,08 + 15,35^{**} x - 3,49^{**} x^2$	0,95
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 2,90 + 15,58^{**} x^{0,5} - 3,95^{**} x$	0,99
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 3,63$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 3,14 + 10,84^{*} x^{0,5} - 1,04 x$	0,96
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 3,60$	
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 4,44 + 9,78^{**} x$	0,91

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Quadro 26. Equações de regressão para S no solo (mg/dm³), em amostragem realizada após a primeira produção, na profundidade de 20 a 40 cm, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = \bar{y} = 5,23$	
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 6,01 + 12,14^{**} x$	0,98
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 5,90 + 27,26^{**} x - 5,39^{**} x^2$	0,97
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 4,68 + 24,01^{**} x^{0,5} - 3,36^{**} x$	0,99
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 5,86$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 7,16 + 18,35^{**} x$	0,93
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 6,07$	
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 5,80 + 18,28^{**} x$	0,96

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ** : significativo a 1 % de probabilidade.

3.2.2. Índices de crescimento do cafeeiro

Com relação aos índices de crescimento do cafeeiro (Quadro 27), obtidos por meio de medições da altura, diâmetro do caule e diâmetro da copa, não se observaram diferenças em resposta aos tratamentos (Quadro 28), quando se comparam os efeitos médios de doses dentro das formas de aplicação de calcário, em faixa e em área total. Tal fato pode ser explicado com base no fato de as raízes do cafeeiro estarem distribuídas horizontalmente, até a região coincidente com a projeção da copa (Rena & Maestri, 1986), mostrando não haver efeito positivo sobre o crescimento das plantas, resultante da aplicação de calcário em toda a área em relação à localização da calagem em faixa.

Em média, a calagem não resultou em efeito na altura de plantas, porém nos tratamentos que receberam calcário, tanto nas aplicações em faixa como em área total, as plantas tiveram maior diâmetro do caule e da copa em relação à testemunha. A média do diâmetro do caule, para os tratamentos que receberam calagem em toda a área, foi de 2,83 cm, enquanto a testemunha, apresentou apenas 2,29 cm. Já para os tratamentos em que as aplicações de calcário foram localizadas em faixa, a média foi de 2,88 cm, contra 2,43 cm, da testemunha. Com relação ao diâmetro da copa, a média dos tratamentos com calagem, em área total, foi de 116,6 cm, contra 99,7 cm da testemunha, e para as aplicações em faixa, de 118,7 cm para os tratamentos com calagem e de 104,7 cm na testemunha. Avaliando a dinâmica de algumas características químicas do solo e o crescimento inicial do cafeeiro Catuaí, Bolívar (1993) aplicou doses de calcário e de gesso, que variaram entre 0 e 1,35 NC (7,36 t/ha) e 0 a 0,90 NC, para calcário e gesso, respectivamente, e não encontrou efeito dos tratamentos na altura de plantas, nem no diâmetro do caule e da copa do cafeeiro. Todavia, o autor argumenta que o diâmetro do caule apresentou valores entre 2,8 e 3,2 cm, no ano da primeira produção. Resultados semelhantes observaram Freire et al. (1984).

Comparando os calcários utilizados quanto à eficiência relativa, na ausência de gesso, observou-se que o calcário de RE = 97 %, utilizado nas aplicações em faixa, apresentou efeito positivo sobre os índices de crescimento estudados, em relação ao calcário de RE = 84 %. Porém, o uso de gesso

misturado ao calcário, resultou em elevação dos valores dos índices de crescimento quando se utilizou o calcário de menor eficiência relativa, sobretudo pelas maiores doses aplicadas em toda a área.

Quadro 27. Índices de crescimento para o cafeeiro, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Tratamento	Altura ^{1/}	Ø Caule ^{2/}	Ø Copa ^{3/}
	----- CM -----		
0,0 AT G 0 65 SR	80,0	2,29	99,7
0,4 AT G 0 65 SR	92,3	3,01	122,7
0,8 AT G 0 65 SR	84,3	2,68	113,3
1,2 AT G 0 65 SR	87,7	2,85	116,0
1,6 AT G 0 65 SR	80,0	2,53	104,7
2,4 AT G 0 65 SR	87,3	2,97	116,0
0,4 AT G 25 65 SR	94,3	3,17	128,7
0,8 AT G 25 65 SR	85,0	2,77	116,3
1,2 AT G 25 65 SR	91,7	2,84	121,0
1,6 AT G 25 65 SR	87,3	2,93	111,7
2,4 AT G 25 65 SR	81,0	2,60	108,3
0,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	84,3	2,65	113,0
0,8 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	87,7	2,86	118,3
1,2 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	86,0	2,69	115,3
1,6 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	97,3	3,34	134,0
2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	84,3	2,64	112,3
0,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	79,3	2,44	100,0
0,8 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	90,3	2,91	123,0
1,2 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	92,0	2,97	123,7
1,6 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	85,3	2,88	114,3
2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	89,3	2,83	118,3
1,6 AT G 0 76 SR	92,7	3,03	126,0
1,6 AT G 25 76 3º RNC G 25 76	80,7	2,48	105,7
0,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	84,0	2,43	104,7
0,25 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	84,7	2,67	110,3
0,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	89,0	2,91	116,3
0,75 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	89,7	2,82	117,0
1,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	84,7	2,71	110,7
1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	90,7	2,97	120,0
0,25 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	83,0	2,74	115,3
0,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	93,7	3,09	128,3
0,75 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	89,3	2,85	118,7
1,00 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	83,0	2,70	114,3
1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	90,0	3,05	118,3
0,25 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	86,3	2,90	122,0
0,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	89,7	2,96	127,0
0,75 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	93,0	2,96	123,0
1,00 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	90,7	2,90	119,0
1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	82,3	2,77	110,0
0,25 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	87,0	2,75	116,0
0,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	90,7	3,02	124,0
0,75 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	92,0	3,16	127,0
1,00 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	87,7	2,68	115,0
1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	88,3	3,00	122,3

^{1/} Altura = Altura do solo ao ápice do cafeeiro; ^{2/} Ø Caule = diâmetro do caule a 10 cm do solo; ^{3/} Ø Copa = maior diâmetro da copa.

Quadro 28. Contrastes médios para os índices de crescimento do cafeeiro (cm), de acordo com o manejo da calagem e da gessagem.

Contrastes	Efeitos		
	Altura ^{13/}	Ø Caule ^{14/}	Ø Copa ^{15/}
	----- cm -----		
F ^{1/} vs AT ^{2/}	-1,07	-0,06	2,32
(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	7,35	0,54 **	6,88 *
G 0 ^{5/} vs G 25 ^{6/} d/ AT	1,36	0,03	2,69
ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G 0 d/ AT	12,67 *	0,50 *	21,33 *
ER d/ 1,6 NC d/ G 25 d/ AT	-10,66 *	-0,63 **	-18,50 *
SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G 25 d/ AT	-0,27	-0,04	0,03
RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G 25 d/ AT	-0,67	-0,03	-2,73
(-) vs Cal d/ F	4,27	0,45 **	14,06 *
G 0 vs G 25 d/ F	0,40	0,05	2,40
RPP vs RNC d/ G 0 d/ F	0,66	0,08	5,33
RPP vs RNC d/ G 25 d/ F	1,33	0,04	1,87

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa, PRNT 65 vs 76 %; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{13/} altura do solo ao ápice de cafeeiro (cm); ^{14/} diâmetro do caule a 10 cm do solo (cm); ^{15/} maior diâmetro da copa (cm); ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

As equações de regressão para os índices de crescimento do cafeeiro, em função das doses de calcário estudadas (Quadros 29 a 31), em geral, não evidenciaram bom ajuste para a variável altura de plantas. Resultados semelhantes foram observados por Bolívar (1983), que relata poucas variações, também para o diâmetro da copa.

Para o diâmetro do caule, a forma da resposta, quando se aplicou calcário em toda a área, foi quadrática, e os tratamentos que receberam calagem localizada em faixa, apresentaram comportamento cúbico e raiz quadrático. Com relação ao diâmetro da copa, houve comportamentos distintos, dificultando um entendimento mais detalhado da forma da resposta, como o estudo das taxas de crescimento das plantas em diâmetro, em resposta às doses de calcário e manejos adotados.

Dentre os índices de crescimento, os diâmetros do caule e da copa, parecem ser os mais adequados para se estudar o desempenho inicial do cafeeiro em resposta a doses de calcário. Para estas variáveis, os modelos apresentaram melhor capacidade preditiva (R^2 entre 0,72 a 0,99), enquanto para a altura do cafeeiro, só foi possível se ajustar modelos para dois dos oito manejos, e com menores R^2 .

Quadro 29. Equações de regressão para altura das plantas, do solo ao ápice do cafeeiro (cm), em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = \bar{y} = 85,3$	
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = \bar{y} = 86,5$	
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 78,89 + 16,73 * x - 5,75 * x^2$	0,60
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = \bar{y} = 86,0$	
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 87,2$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 87,2$	
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 82,98 + 23,01 * x - 15,49 * x^2$	0,93
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 88,3$	

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; *, * : significativo a 5 % de probabilidade.

Quadro 30. Equações de regressão para o diâmetro do caule do cafeeiro (cm), a 10 cm do solo, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 2,33 + 2,00 x - 2,06 ** x^2$	0,76
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = \bar{y} = 2,88$	
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 2,27 + 1,02 ** x - 0,35 ** x^2$	0,65
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 2,26 + 0,88 ** x - 0,27 ** x^2$	0,90
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 2,80$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 2,40 + 2,82 x - 4,24 * x^2 + 1,77 * x^3$	0,89
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 2,43 + 1,38 ** x - 0,91 ** x^{0,5}$	0,99
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 2,38 + 2,86 x - 3,94 * x^2 + 1,53^o x^3$	0,77

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; **, * e ° : significativo a 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

Quadro 31. Equações de regressão para maior diâmetro da copa do cafeeiro (cm) em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 100,92 + 68,35 x - 71,63 * x^2 + 19,09 * x^3$	0,80
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 101,94 + 72,08 x - 67,54 * x^2 + 16,12^{\circ} x^3$	0,73
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 99,33 + 34,55 ** x - 11,78 * x^2$	0,72
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = \bar{y} = 113,1$	
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = \bar{y} = 113,2$	
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 103,43 + 96,00 x - 138,96^{\circ} x^2 + 54,34^{\circ} x^3$	0,84
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 104,41 + 62,28 ** x^{0,5} - 29,84 ** x$	0,98
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 104,47 + 38,30 * x^{0,5} - 20,60 * x$	0,72

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; **, * e ^o : significativo a 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

3.2.3. Produtividade

Os dados para a primeira safra de café do experimento (Quadro 32), indicam não haver, em média de doses, diferenças de produtividade, entre as formas de aplicação de calcário em área total ou em faixa, na primeira colheita (Quadro 33). As médias foram 1.194 kg/ha e 1.254 kg/ha, para os tratamentos cuja aplicação foi em área total e em faixa, respectivamente. Estes valores correspondem a 19,9 e 20,9 sacas de 60 kg/ha de café beneficiado, produtividade considerada boa, sendo a média para todos os tipos de manejo e doses aplicadas, especialmente considerando ter sido a primeira produção. A ausência de efeito para a forma de aplicação, sustenta as informações encontradas na literatura, quanto ao comportamento produtivo do cafeeiro, de acordo com a localização das adubações na área onde se dispõe o sistema radicular. Dessa forma, como propôs Rena & Maestri (1986), que as raízes com efetiva contribuição para a nutrição do cafeeiro, encontram-se horizontalmente dispostas, até a região limítrofe da projeção da copa das plantas, os resultados obtidos neste experimento, conforme o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, indicam não ser necessária calagem em área total, para aumento de produtividade, na primeira colheita de café.

Foi também verificado que o uso de calagem, tanto em aplicações sobre toda a área como em faixa, promoveu efeitos positivos, elevando a produtividade de café, em relação à produtividade da testemunha, sem calagem. A média dos tratamentos que receberam calagem, em toda a área, foi 1.212 kg/ha de café beneficiado, e na testemunha, a produtividade foi de apenas 399 kg/ha de café beneficiado (incremento de 203,7 % sobre a testemunha). A média foi de 1.291 kg/ha, para os tratamentos que receberam aplicações de calcário em faixa, contra 503 kg/ha, para a testemunha (incremento de 156,5 % sobre a testemunha). Com o objetivo de avaliar a dinâmica de algumas características químicas do solo e o crescimento inicial do cafeeiro Catuaí, Bolívar (1993), aplicou doses de calcário e gesso, geradas pela matriz experimental Box-Berard aumentada (3), que variaram entre 0 e 1,35 NC (7,36 t/ha) e 0 a 0,90 NC, para calcário e gesso, respectivamente, e encontrou diferenças de 30 %, entre a maior produtividade, com calagem e a testemunha.

Quadro 32. Produtividade de café beneficiado (kg/ha), proporção de grãos chochos e peso de 100 sementes de café beneficiado (g), de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Tratamento	Produtividade ^{1/}	Chochos ^{2/}	P. 100 sementes ^{3/}
	- kg/ha -	- % -	- g -
0,0 AT G 0 65 SR	399,27	6,67	14,00
0,4 AT G 0 65 SR	1.319,31	3,33	13,58
0,8 AT G 0 65 SR	1.058,92	3,33	14,20
1,2 AT G 0 65 SR	763,81	4,67	13,19
1,6 AT G 0 65 SR	659,66	3,67	12,78
2,4 AT G 0 65 SR	1.267,23	2,67	12,11
0,4 AT G 25 65 SR	1.701,22	3,33	13,17
0,8 AT G 25 65 SR	1.076,28	3,33	12,82
1,2 AT G 25 65 SR	1.475,55	4,67	12,98
1,6 AT G 25 65 SR	1.249,88	5,67	12,23
2,4 AT G 25 65 SR	815,89	3,33	12,60
0,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	902,69	2,00	13,12
0,8 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	1.284,59	3,67	13,39
1,2 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	1.041,56	4,00	13,51
1,6 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	1.892,17	4,00	12,37
2,4 AT G 25 65 3º RPP G 25 76	902,69	5,00	12,59
0,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	833,25	4,33	13,09
0,8 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	1.354,03	5,33	12,71
1,2 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	1.579,70	5,33	12,39
1,6 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	1.249,88	5,00	12,25
2,4 AT G 25 65 3º RNC G 25 76	1.111,00	3,33	13,06
1,6 AT G 0 76 SR	1.284,59	3,33	12,46
1,6 AT G 25 76 3º RNC G 25 76	989,48	2,67	12,50
0,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	503,42	7,33	14,05
0,25 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	972,13	6,00	13,85
0,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1.215,16	2,67	13,07
0,75 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1.319,31	1,33	13,14
1,00 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1.058,92	2,67	13,30
1,50 F G 0 76 2º + RPP G 0 76	1.544,98	2,67	12,18
0,25 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	850,61	3,67	14,10
0,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1.510,27	3,00	13,23
0,75 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1.562,34	4,00	12,94
1,00 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1.024,20	4,67	12,93
1,50 F G 25 76 2º + RPP G 25 76	1.249,88	2,67	13,45
0,25 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1.423,47	2,33	13,41
0,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1.492,91	3,33	12,71
0,75 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1.683,86	1,00	13,20
1,00 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1.232,52	3,00	12,49
1,50 F G 0 76 2º + RNC G 0 76	1.128,36	6,00	12,76
0,25 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	1.197,80	2,67	13,10
0,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	1.301,95	7,00	12,86
0,75 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	1.683,86	4,67	13,11
1,00 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	1.006,84	2,00	13,20
1,50 F G 25 76 2º + RNC G 25 76	1.371,39	5,33	12,89

^{1/} Produtividade (kg/ha) de café beneficiado; ^{2/} percentagem de café sem formação de semente; ^{3/} peso (g) de 100 sementes de café beneficiado, com 12 a 13 % de umidade.

Quadro 33. Contrastes médios para produtividade de café beneficiado (kg/ha), proporção de grãos chochos e peso de 100 sementes de café beneficiado (g), de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Contrastes	Efeitos		
	Produtividade ^{/12}	Chochos ^{/13}	Peso 100 sementes ^{/14}
	- kg/ha -	- % -	- g -
F ^{1/} vs AT ^{2/}	-114,08	0,41	-0,18
(-) ^{3/} vs Cal ^{4/} d/ AT	777,70 *	-2,67	-1,09 **
G 0 ^{5/} vs G 25 ^{6/} d/ AT	217,57	0,62	-0,35 *
ER ^{7/} d/ 1,6 NC ^{8/} d/ G 0 d/ AT	624,93	-0,34	-0,32
ER d/ 1,6 NC d/ G 25 d/ AT	-581,55	-1,83	0,19
SR ^{9/} vs CR ^{10/} d/ G 25 d/ AT	-48,61	0,13	0,09
RPP ^{11/} vs RNC ^{12/} d/ G 25 d/ AT	20,83	0,93	-0,30
(-) vs Cal d/ F	788,12 *	-3,80 *	-0,95 **
G 0 vs G 25 d/ F	-31,25	0,87	0,17
RPP vs RNC d/ G 0 d/ F	170,12	0,06	-0,19
RPP vs RNC d/ G 25 d/ F	72,91	0,73	-0,30

^{1/} F = aplicação em faixa; ^{2/} AT = aplicação em área total; ^{3/} (-) = testemunha; ^{4/} Cal = calagem; ^{5/} G 0 = sem gesso; ^{6/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{7/} ER = eficiência relativa, PRNT 65 e 76 %; ^{8/} NC = necessidade de calagem; ^{9/} SR = sem reposição; ^{10/} CR = com reposição; ^{11/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{12/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{13/} produtividade (kg/ha) de café beneficiado; ^{14/} peso (g) de 100 sementes de café beneficiado; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Nas aplicações de calcário em faixa, a calagem contribuiu para a diminuição do número de grãos chochos, sendo a média dos tratamentos que receberam calagem, igual a 3,5 % de chochos, contra 7,3 % da testemunha (redução de 52 % em relação à testemunha), mas nas aplicações de calcário em toda a área, esse efeito não foi significativo. A testemunha, apresentou maior valor para o peso de 100 sementes de café beneficiado, com 12 a 13 % de umidade, dada a produtividade menor. Esse comportamento foi verificado para ambas as formas de aplicação do calcário, em área total e em faixa.

Para os demais fatores em estudo, ou seja, uso de gesso, RE do calcário e reposição da calagem, bem como seu manejo, não resultaram, em média, em diferença de produtividade, neste experimento. Fica evidente que o crescimento radicular do cafeeiro ainda não encontrara problemas para se efetivar, uma vez que as doses aplicadas inicialmente, devem ter sido suficientes para uma expansão radicular adequada, não tendo os fatores mencionados, apresentado ainda, efeitos na produtividade. Todavia, vale ressaltar, que outros trabalhos (Chaves et al., 1984; Bolívar, 1993 e Raij et al., 1982), relataram efeitos do gesso na produtividade do cafeeiro. Quanto a doses

de calcário aplicadas na implantação do cafezal, Garcia (1983) estudou em um Latossolo Vermelho, no sul de Minas Gerais, a aplicação de 0, 2, 4, 8, 16 e 32 t/ha de um calcário com baixo PRNT (60,11%). Os resultados, em média das quatro primeiras colheitas foram 10,7; 24,8; 27,8; 23,8; 22,2 e 23,6 sacas de café beneficiado respectivamente para as doses estudadas. Esses dados mostram que a aplicação de 4 t/ha de calcário promoveu a maior média de produção, aproximadamente quatro sacas a mais que quando se aplicaram 32 t/ha. Mostraram também, que a dose de 32 t/ha, considerada muito elevada, prejudicou relativamente pouco o cafeeiro, se for considerado que certamente esta dose terá um efeito residual muitas vezes maior que o da dose de 4 t/ha. Entretanto, vale ressaltar que o efeito residual do calcário não é garantido, e dependerá da textura e da mineralogia do solo.

Objetivando determinar a melhor saturação por bases a ser atingida após a calagem e se a mesma deve ser toda feita na implantação ou parte na implantação, com complementação nos anos seguintes, Viana et al. (1990), realizaram um estudo em Latossolo Vermelho em Varginha-MG. Os dados de produção permitiram concluir, que o melhor método de calagem consistiu na aplicação de calcário em área total, no plantio, objetivando elevar a saturação de bases para 40 %, com complementação nos dois anos seguintes visando o mesmo objetivo (4,75 t/ha no plantio + 3,55 t/ha no 1º ano e 0,12 t/ha no 2º ano). Esse método permitiu uma produtividade de 29,2 sacas/ha de café beneficiado, o que corresponde a 3,24 vezes a produtividade da testemunha, que não recebeu calcário.

Assim, os resultados deste estudo, não tendo efeito em média, do gesso (apesar deste trabalho não estudar claramente doses de gesso), reposição de calagem e PRNT do calcário (diferentes quanto a RE), nas condições empregadas, são preliminares, e constituem observação válida para a primeira produção do cafeeiro. Apesar das evidências dos efeitos positivos do uso do gesso agrícola como fonte de Ca e S na nutrição e na melhoria do ambiente radicular do cafeeiro, ainda é reduzido o número de experimentos estudando doses, métodos de aplicação e efeito residual do gesso, nos mais diversos tipos de solo.

Quanto às equações de regressão para a produtividade de café na primeira colheita (kg/ha), em função das doses de calcário estudadas (NC),

obtiveram-se bons ajustes, considerando as condições de campo, com R² variando entre 0,70 a 0,96. O comportamento foi curvilíneo, sendo os modelos escolhidos para explicar o fenômeno, quadráticos, raiz quadráticos e cúbicos (Quadro 29).

Bolívar (1993) encontrou aumento linear da produtividade de acordo com as doses de gesso. Todavia, nos resultados aqui apresentados, o comportamento da produtividade de café de acordo com as doses de calcário+gesso, apresentou curvatura significativa, indicando que as taxas de aumento da produtividade, em resposta as doses aplicadas, em todos os manejos estudados, não resultaram em incrementos constantes.

A resposta para proporção de grãos chochos e peso de 100 sementes de café beneficiado em função das doses de calcário, foi curvilíneo, ajustando-se a modelos quadráticos e cúbicos na maioria dos manejos (Quadros 35 e 36). Houve redução do peso de 100 sementes de café beneficiado, à medida que se aumentaram as doses de calcário. O aumento das doses de calcário, aumentou a produção, e com maior quantidade de frutos, resultou em peso de 100 sementes menor.

Quadro 34. Equações de regressão para a produtividade de café beneficiado (kg/ha), em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
	$Y = 459,3 + 2826,7 * x - 3122,0 * x^2 + 869,7 * x^3$	
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 444,72 + 2.389,30 ** x^{0,5} - 1.396,80 ** x$	0,90
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 362,31 + 1.546,00 ** x - 534,73 ** x^2$	0,77
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}		0,71
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 405,92 + 1.447,03 ** x - 489,52 * x^2$	0,90
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 477,03 + 3.178,14 ** x - 4.239,41 ** x^2$	0,96
F d/ G 25 d/ RPP		0,79
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 408,5 + 3.919,4 * x - 4.818,2^{(0,15)} x^2 + 1.710,8^{(0,24)} x^3$	0,92
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 504,01 + 2.794,46 ** x^{0,5} - 1.892,45 * x$	0,70
	$Y = 509,79 + 1.913,58 * x^{0,5} - 1.054,46 x$	

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ^(0,24), ^(0,15), * e ** : significativo a 24, 15, 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Quadro 35. Equações de regressão ajustadas para proporção de grãos chochos do cafeeiro, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = \bar{y} = 4,17$	
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 6,60 - 12,42^{\circ} x + 13,16^{\circ} x^2 - 3,57^{\circ} x^3$	0,99
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = 6,40 - 7,96 * x^{0,5} + 4,72 * x$	0,78
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = \bar{y} = 4,83$	
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 7,59 - 11,35 ** x + 5,46 * x^2$	0,89
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 7,29 - 21,28 * x + 32,18 * x^2 - 13,37^{\circ} x^3$	0,99
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 7,44 - 16,19 ** x^{0,5} + 11,98 ** x$	0,86
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = \bar{y} = 4,83$	

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ^o, * e ** : significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

Quadro 36. Equações de regressão para o peso de 100 semente de café beneficiado, em função das doses de calcário estudadas (NC) e manejos utilizados.

Manejo	Equação	R ²
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	$Y = 14,18 - 0,82 ** x$	0,81
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	$Y = 13,91 - 1,61 ** x + 0,44 * x^2$	0,87
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	$Y = \bar{y} = 13,16$	
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	$Y = 13,98 - 2,33 ** x + 0,81 ** x^2$	0,99
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	$Y = 14,01 - 1,12 ** x$	0,84
F d/ G 25 d/ RPP	$Y = 14,27 - 2,65 ** x + 1,38 * x^2$	0,82
F d/ G 0 d/ RNC	$Y = 13,98 - 2,42 ** x + 1,07 * x^2$	0,81
F d/ G 25 d/ RNC	$Y = 14,03 - 5,33 ** x + 7,58 * x^2 - 3,02 ** x^3$	0,99

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; * e ** : significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

3.3. Doses recomendáveis

Com as equações de regressão para produtividade de café beneficiado, em função das doses de calcário estudadas (necessidade de calagem), foram definidas as doses para a produtividade de máxima eficiência econômica do cafeeiro (Quadro 37), pelo critério de capital ilimitado.

Igualou-se a primeira derivada das equações de regressão à relação entre preço do insumo e preço do produto, em reais/ha, e obtiveram-se as doses correspondentes à máxima eficiência econômica para a produtividade do cafeeiro, de acordo com cada manejo da calagem e da gessagem estudado. Considerou-se, para os custos com a necessidade de calagem e gessagem, amortização de 25 % na primeira produção, 30 % e 45 % na segunda e terceira produções, respectivamente.

Vale ressaltar que foi necessário um estudo econômico para a região de Patrocínio – MG, incluindo o preço da necessidade de calagem, os custos do calcário, do transporte, aplicação, bem como taxas de amortização e seguros. Para o preço do produto, foram considerados os custos de produção, colheita, transporte e comercialização. Os preços para a necessidade de calagem, de acordo com cada manejo, estão dispostos no quadro 37 e o preço do café beneficiado, foi calculado em R\$ 1,70/kg.

Quadro 37. Necessidades de calagem recomendadas e produtividade, correspondentes a máxima eficiência econômica – MEE, pelo critério de capital ilimitado, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Manejo	Dose MEE	Preço NC ^{8/}	Produtividade MEE
	NC	R\$/NC	kg/ha
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	0,58	161,00	1.218,23
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	0,64	176,00	1.462,21
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	1,34	187,00	1.474,08
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	1,37	183,00	1.469,57
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	0,56	109,00	1.230,59
F d/ G 25 d/ RPP	0,58	115,00	1.394,71
F d/ G 0 d/ RNC	0,51	107,00	1.534,50
F d/ G 25 d/ RNC	0,73	113,00	1.374,99

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ^{8/} Preço NC = preço da primeira amortização (25 %) da necessidade de calagem.

Os resultados, indicam que a recomendação para cada um dos oito manejos seria:

AT d/ G 0 d/ SR = aplicação em área total de 0,58 NC na instalação da lavoura, sem reposição da calagem nos anos seguintes;

AT d/ G 25 d/ SR = aplicação em área total de 0,64 NC na instalação da lavoura, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, sem reposição da calagem nos anos seguintes;

AT d/ G 25 d/ RPP = aplicação em área total de 1,34 NC na instalação da lavoura, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, com reposição de 1,34 NC, adicionando gesso na dose de 25 % (peso/peso) da NC, de acordo com a análise de solo do terceiro ano;

AT d/ G 25 d/ RNC = aplicação em área total de 1,37 NC na instalação da lavoura, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, com reposição de 1 NC, adicionando gesso na dose de 25 % (peso/peso), de acordo com a análise de solo do terceiro ano;

F d/ G 0 d/ RPP = aplicação localizada em faixa de 0,56 NC na instalação da lavoura, com reposição a partir do segundo ano, de 0,56 NC, de acordo com a análise de solo do respectivo ano;

F d/ G 25 d/ RPP = aplicação localizada em faixa de 0,58 NC na instalação da lavoura, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, com reposição a partir do segundo ano, de 0,58 NC, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, de acordo com a análise de solo do respectivo ano;

F d/ G 0 d/ RNC = aplicação localizada em faixa de 0,51 NC na instalação da lavoura, com reposição a partir do segundo ano, de 1 NC, de acordo com a análise de solo do respectivo ano;

F d/ G 25 d/ RNC = aplicação localizada em faixa de 0,73 NC na instalação da lavoura, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, com

reposição a partir do segundo ano, de 1 NC, adicionando gesso, na dose de 25 % (peso/peso) da NC, de acordo com a análise de solo do respectivo ano.

As doses recomendadas, para cada manejo da calagem e da gessagem, em média, não resultaram em produtividades de café que se diferenciasssem. Entretanto, apesar de diferentes manejos, em média, convergirem à produtividades semelhantes, deve ser considerada a onerosidade das aplicações de calagem em toda a área (média dos preços igual a R\$ 177/NC), realizadas com doses maiores, aplicadas na instalação, de modo que seria necessário maior volume de capital em um só momento, ao contrário do manejo em faixa (média dos preços igual a R\$ 111/NC). Houve incremento de 59 % na média dos preços da NC em toda a área, sobre a média dos preços da NC em faixa, na primeira amortização (25 %). Além disso, nos manejos em faixa, as aplicações, com menores doses, realizadas anualmente, estariam menos suscetíveis aos riscos de produção, e ainda com a vantagem de maior possibilidade de previsão dos riscos do investimento. Dentre as produtividades de máxima eficiência econômica, de acordo com os manejos da calagem e da gessagem, a maior produtividade (Quadro 37) foi obtida pelo manejo da calagem em faixa, com a dose de 0,51 NC na instalação da lavoura, sem uso de gesso e com reposição, a partir do segundo ano, da dose de 1 NC indicada pela análise de solo, no respectivo ano. Esse manejo também apresentou o menor custo, R\$ 107/NC, na primeira amortização (25 %), que resultou em um valor de R\$ 55/ha. Todavia, considerando o caráter preliminar dos dados e a necessidade de um maior número de anos para obtenção de resultados mais conclusivos, em experimentos com calagem e gessagem, deve-se considerar a possibilidade de que, com o decorrer dos anos, a exposição do cafeeiro a períodos de veranicos ou outras adversidades climáticas e a exportação de nutrientes nas produções, modifiquem os resultados obtidos para as próximas produções.

3.4. Características adequadas à produção inicial

Substituindo as doses recomendáveis para cada manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, nas equações de regressão para pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al e S e para os índices de crescimento do cafeeiro, em função das doses estudadas, foram estimados os valores para estas variáveis quando a dose (NC) foi a de máxima eficiência econômica (Quadros 38 a 42).

Os resultados indicam que apesar da calagem em toda a área elevar o pH e os teores de Ca^{2+} , de Mg^{2+} e de S, bem como reduzir os teores de Al^{3+} , em magnitudes mais expressivas que as aplicações de calcário em faixa, a média das produtividades obtidas com o manejo em área total foi 1.406 kg/ha de café beneficiado (23,4 sacas/ha) e para o manejo em faixa de 1.384 kg/ha de café beneficiado (23,1 sacas/ha), que foram muito semelhantes.

Considerando que a média dos custos, na primeira amortização, para o manejo em toda a área foi R\$ 177/NC, com média das doses recomendadas igual a 0,98 NC, resultando em um custo médio de R\$ 173/ha, enquanto para o manejo em faixa, a média dos custos foi R\$ 111/NC e a média das doses foi 0,60 NC, resultando em um custo médio de R\$ 67/ha, a diferença entre os custos foi R\$ 106/ha. Essas informações reforçam a opção pelo manejo da calagem em faixa, com a dose de 0,51 NC na instalação da lavoura, sem uso de gesso e com reposição, a partir do segundo ano, da dose de 1 NC indicada pela análise de solo, resultante de amostragem no respectivo ano, que apresentou a mais elevada produtividade e menor custo na primeira amortização.

O manejo recomendado resultou em teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al e t, em amostragem realizada no segundo ano (novembro de 2000), na profundidade 0 a 20 cm, iguais a 0,40; 0,37; 0,59; 5,34 e 1,54 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente.

Para a amostragem do terceiro ano, na profundidade 0 a 20 cm, o valor de pH foi 4,3 e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e H+Al, foram, respectivamente, 0,80; 0,27; 0,79 e 4,90 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Também no terceiro ano, as plantas que receberam este manejo, apresentaram altura do solo ao ápice igual a 90,9 cm, diâmetro do caule a 10 cm do solo, de 2,95 cm, e maior diâmetro da copa, igual a 114,8 cm.

Quadro 38. Valores estimados correspondentes à dose de máxima eficiência econômica (MEE), pelo critério de capital ilimitado, para as características químicas do solo, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem, no segundo ano após a aplicação inicial dos tratamentos, na profundidade de 0 a 20 cm.

Manejo	Valores para a dose de MEE				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t
	----- cmol _c /dm ³ -----				
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	0,51	0,50	0,46	4,83	1,58
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	0,65	0,50	0,44	4,84	1,71
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	1,04	0,72	0,31	4,51	2,21
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	1,05	0,79	0,26	4,22	2,22
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	0,63	0,55	0,46	5,09	1,88
F d/ G 25 d/ RPP	0,80	0,50	0,24	5,07	1,88
F d/ G 0 d/ RNC	0,62	0,53	0,39	5,03	1,80
F d/ G 25 d/ RNC	0,66	0,48	0,28	5,05	1,74

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa.

Quadro 39. Valores estimados correspondentes à dose de máxima eficiência econômica (MEE), pelo critério de capital ilimitado, para as características químicas do solo, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos, na profundidade de 0 a 20 cm.

Manejo	Valores para a dose de MEE				
	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
	----- cmol _c /dm ³ -----				
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	4,3	0,75	0,29	0,63	5,52
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	4,3	0,71	0,24	0,92	5,54
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	4,8	1,39	0,51	0,19	4,51
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	4,8	1,51	0,56	0,41	4,20
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	4,3	0,80	0,24	0,83	5,09
F d/ G 25 d/ RPP	4,2	0,76	0,18	0,94	5,07
F d/ G 0 d/ RNC	4,3	0,80	0,27	0,79	4,90
F d/ G 25 d/ RNC	4,3	1,02	0,18	0,86	5,59

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa.

Quadro 40. Valores estimados correspondentes à dose de máxima eficiência econômica (MEE), pelo critério de capital ilimitado, para os índices de crescimento do cafeeiro, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos.

Manejo	Valores para a MEE		
	Altura ⁷⁸	Ø Caule ⁷⁹	Ø Copa ¹⁰
	----- cm -----		
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	85,3	2,90	120,2
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	86,5	2,88	124,6
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	85,3	3,01	124,5
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	86,0	2,96	113,1
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	87,2	2,80	113,2
F d/ G 25 d/ RPP	87,2	2,95	122,9
F d/ G 0 d/ RNC	90,9	2,95	114,8
F d/ G 25 d/ RNC	88,3	2,96	122,2

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ^{8/} altura do solo ao ápice do cafeeiro; ^{9/} diâmetro do caule a 10 cm do solo; ^{10/} maior diâmetro da copa.

Quadro 41. Valores estimados correspondentes à dose de máxima eficiência econômica (MEE) pelo critério de capital ilimitado, para os teores de S, em amostragem realizada após a primeira produção, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

Manejo	Valores para a dose de MEE		
	S – 0 a 5 cm	S – 5 a 20 cm	S – 20 a 40 cm
	----- mg/dm ³ -----		
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	3,8	3,0	5,2
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	11,1	9,3	13,8
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	23,2	18,4	32,8
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	19,9	15,7	28,2
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	4,5	3,6	5,9
F d/ G 25 d/ RPP	13,3	11,9	17,8
F d/ G 0 d/ RNC	4,5	3,6	6,1
F d/ G 25 d/ RNC	14,3	11,6	19,1

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa.

Quadro 42. Valores estimados correspondentes à dose de máxima eficiência econômica (MEE) pelo critério de capital ilimitado, para proporção de grãos chochos e peso de 100 sementes de café beneficiado, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem.

Manejo	Valores para a dose de MEE	
	Chochos ^{8/}	P. 100 sementes ^{9/}
	%	g
AT ^{1/} d/ G 0 ^{2/} d/ SR ^{3/}	4,17	13,70
AT d/ G 25 ^{4/} d/ SR	3,11	13,06
AT d/ G 25 d/ RPP ^{5/}	3,51	13,16
AT d/ G 25 d/ RNC ^{6/}	4,83	12,31
F ^{7/} d/ G 0 d/ RPP	2,95	13,38
F d/ G 25 d/ RPP	3,16	13,20
F d/ G 0 d/ RNC	2,00	13,03
F d/ G 25 d/ RNC	4,83	13,00

^{1/} AT= aplicação de calcário em área total; ^{2/} G 0 = sem gesso; ^{3/} SR = sem reposição; ^{4/} G 25 = dose de gesso correspondente a 25 % (peso/peso) da necessidade de calagem; ^{5/} RPP = reposição com doses proporcionais ao plantio; ^{6/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{7/} F = aplicação de calcário em faixa; ^{8/} percentagem de café sem a formação de semente; ^{9/} peso de 100 sementes de café beneficiado, com 12 a 13 % de umidade.

Em média, esse manejo resultou em produtividade de 1.535 kg/ha (25,6 sacas/ha) de café beneficiado, com a menor proporção de grãos chochos, de 2 % e peso de 100 sementes de café beneficiado, com 12 -13 % de umidade, igual a 13,03 g. Para a amostragem de solo realizada após a colheita, nas camadas 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm, o uso deste manejo, resultou em teores de S, pelo extrator $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L, de 4,5; 3,6 e 6,1 mg/dm³ de S, respectivamente.

As médias das testemunhas, no segundo ano, foram 0,10; 0,13; 0,89; 5,75 e 1,23 cmol_c/dm³, para os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al e t, respectivamente. No terceiro ano, foram, pH igual a 3,8, e Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al e t, iguais a 0,35; 0,06; 1,29; 6,18 e 1,87 cmol_c/dm³, respectivamente, e m, igual a 68 %. As plantas dos tratamentos que não receberam calagem, apresentaram média de altura igual a 82 cm, diâmetro do caule de 2,36 cm e diâmetro da copa, igual a 102 cm. A média de produtividade, foi de 461 kg/ha (7,5 sacas/ha) de café beneficiado, com 6,3 % de grãos chochos e peso de 100 sementes igual a 14,03 g. Quanto aos teores de S, as médias, nas

profundidades 0 a 5 , 5 a 20 e 20 a 40 cm, foram de 3,4; 3,0 e 4,5 mg/dm³, respectivamente.

Comparando os resultados calculados por meio da dose de MEE e os obtidos para a testemunha, nas análises de solo, verificou-se significativa vantagem da aplicação de calcário na cultura do cafeeiro. Considerando a produtividade, observou-se que o manejo que resultou em produtividade mais elevada e menor custo, proporcionou um incremento de 233 % sobre a testemunha (ganho de 18 sacas/ha de café beneficiado). Esta diferença (1.073 kg/ha) multiplicada pelo preço estimado em R\$ 1,70/kg de café beneficiado, resultou em R\$ 1.824/ha, valor expressivo ao considerar o custo da NC na primeira amortização (25 %), que foi de R\$ 107/ha.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Grande parte da cafeicultura de Minas Gerais encontra-se implantada em solos ácidos, com baixa disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Embora a calagem seja uma prática de uso generalizado nas lavouras, persistem, ainda, questionamentos sobre as doses recomendáveis, efeito residual, localização ideal de aplicação do calcário, tanto na implantação, como ao longo dos anos, e sobre o uso da mistura de calcário com gesso, visando a movimentação de S e de bases em profundidade, aumentando assim o desenvolvimento do sistema radicular, e permitindo exploração de maior volume de solo em relação à água e aos nutrientes. O objetivo deste estudo foi determinar estratégias para a calagem e gessagem na lavoura de café, avaliando seus efeitos sobre as características químicas do solo e produtividade do cafeeiro. O experimento consistiu de 44 tratamentos, correspondente a uma matriz mista (baconiana com fatorial), sendo que em 23 deles o calcário foi aplicado em 100 % da área (área total) e no restante dos tratamentos (21) aplicou-se em 33 % da área (faixa).

Os resultados obtidos neste estudo, permitem as seguintes conclusões:

- As características químicas do solo, comportaram-se diferencialmente ao se compararem os calcários de diferentes reatividades, apesar de não ter havido, na produtividade do cafeeiro, efeito diferenciado em resposta à reatividade.

- Aplicações de calcário em faixa ou em toda a área, resultaram em produções de café, na primeira colheita, que, em média, não diferiram entre si, apesar dos valores das características químicas do solo terem sido mais afetados pelas aplicações de doses maiores em toda a área.

- A forma da reposição da calagem não resultou em aumento de produção de café, na primeira colheita.

- O uso de gesso, em média, não promoveu diferenças em produtividade, na primeira colheita, mas resultou em movimentação de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , e aumentou os teores de S em profundidade.

- O manejo da calagem e gessagem, recomendável de acordo com a primeira produção do cafeeiro, é a aplicação localizada em faixa, com reaplicação, também em faixa, a partir do segundo ano.

5. LITERATURA CITADA

- ADAMS, F.& RAWAJFIH, B.F. Basalunita and alunite: a possible cause of sulfate retention by acid soils. Soil Sci. , 41: 686-692, 1977.
- ALBRETCH, W. A. Plant nutrition and the hydrogen íon. V. Relative effectiveness of coarsely ground and finely pulverized limestone. Soil Sci., 61: 265-271, 1946.
- ALCARDE, J. C. Características dos corretivos de acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1. Anais. Ipanema,1986.
- ALCARDE, J. C.; PAULINO, V. T.; DERNADIM, J. S. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo. R. Bras. Ci. Solo, 13: 387-392, 1989.
- ALVA A.K.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P. Reactions of gypsum or phosphogypsum in highly weathered acid subsoils. Soil Sci., 54: 993-998, 1990.
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação). Viçosa, CFSEMG, 1999. p. 43-60.
- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO Jr., E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. da. Métodos de análises de enxofre em solos e plantas. Viçosa: UFV, 2001. 131 p.

- BARROWS, H. L.; TAYLOR, A; W.; SOMPERSON, E. C. Interaction of limestone particle size and phosphorus on the control of soil acidity. *Soil Sci.*, 32: 64-68, 1968.
- 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 arábica L.*). Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1993. 136 p. (Tese DS).
- CATANI, R. A. & MORAES, F. R. P. de. A composição química do cafeeiro. *Rev. Agri.*, Piracicaba, 33: 45-52, 1958.
- CATANI, R. A.; PELLEGRINO, D.; BITTENCOURT, V. C.; JACINTO, A. O.; GRANER, C. A. F. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro *Coffea arábica L.* var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy aos dez anos de idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"*, Piracicaba, 24: 97-106, 1967.
- CAMARGO, A. P. de.; RAIJ, B. V.; CANTARELA, H.; ROCHA, T. R. da; NAGAI, V. & MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. *Pesq. Agrop. Bras.*, 17: 1007-1112, 1982.
- CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A.; IGRE, K. Resposta do cafeeiro à calagem. *Pesq. Agrop. Bras.*, 19: 573-582, 1984.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. Redução da acidez subsuperficial em coluna de solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 23: 469-476, 1988.

- CORRÊA, J. B. Associação calcário/gesso na melhoria das condições químicas do solo para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em crescimento. Lavras: UFLA, 1992. (Tese de Mestrado).
- DAL BÓ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar I. Movimentação de bases no solo. R. Bras. Ci. Solo, 10: 191-194, 1986.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (Planaltina). Acidez do solo. In: RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS, 1979 – 1980, Brasília, 1981. p. 45 – 49.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: 1979. não paginado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed., Rio de Janeiro:1997. 212 p.
- ERICO, E. G.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, C. G.; SOARES, W. V.; LOBATO, E. Efeitos da profundidade de incorporação do calcário na cultura do milho, em solo ácido de cerrado do Brasil central. XV Congr. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1975. Anais, p. 299-302, 1976.
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. R. Bras. Ci. Solo, 10: 241-45, 1986.
- FENG MA, J.; RYAN, P. R. & DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. Plant Sci., 6: 273 – 278, 2001.

- FOY, C. D. Effects of aluminum in plant growth. In: CARSON, E. W. (ed.) The plant root and its environment. Charlottesville, Univ. Press of Virginia, 1974. p. 601-642.
- FREIRE, F. M.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ V., V. H. & MELLEES, C. do C. A. Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro. Belo Horizonte, Epamig, 1984. 20 p. (Boletim Técnico).
- FREITAS, L. M. M. de ; GOMES, F. P. & LOTT, W. L. Effects of sulphur fertilizer on coffe. The Sulphur Inst. J., 8: 9 – 12, 1972.
- GARCIA, A. W. R. Calagem para o cafeeiro. In: VAN RAIJ, B.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. da. eds. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, SBCS, 1983a, p. 309 – 319.
- 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 Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, Poços de Caldas, 1983 b. Anais... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983b. 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 CAFEEIRAS, 8, CAMPOS DO JORDÃO, 1980. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1980. p. 38 – 41.
- GONZALES, E. E.; WOLF, J. M.; NADERMAN, G.; SOARES, W. V. & GALVÃO, E. Z. Relações entre toxidez de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num Oxissol (Latosolo Vermelho) do Distrito Federal. Ciência e Cultura, São Paulo, 28: 181 – 182, 1976.

- GUIMARÃES, P. T. G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: II SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, Uberaba, 1982. Anais... São Paulo, Gráfica, 1992.
- GUIMARÃES, P. T. G. & LOPES, A. S. Solos para o cultivo do cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHAS, M.; YAMADA, T. eds. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1986.
- GUIMARÃES, P. T. G. & LOPES, A. S. Solos para o cultivo do cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, Poços de Caldas, 1984. Anais... UFV. POTAFOS, ANDA, 1984. p. 1 – 170.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V.; V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANNA, L. C.; MIGUEL, A. E.; MALAOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação). Viçosa, CFSEMG, 1999. p. 289-303.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. A moderna cafeicultura nos Cerrados. Rio de Janeiro, 1987. 148 p.
- KIEHL, M. L.; FRANCO, O. Efeito do gesso sobre alguns componentes da fertilidade do solo. O Solo. Piracicaba: 76: 11-16, 1984.
- KLIMASHEVISKII, E. L. & DEDOV, V. M. Localization of mechanisms of growthinhibiting action of Al^{3+} in elongating cel wall. Soviet Plant Physil., 28: 1040-1046, 1976.
- LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P.; CERVELLINI, G. D. S.; TOLEDO, S. V.; FIGUEIREDO, J. J.; JUNQUEIRA, A. R.; GONAGIN, A.; FRANCO, C. M.

- Cultivo de café em Latossolo Vermelho-Amarelo da região de Batatais, SP. *Bragantia*, 34: 229 – 239, 1975.
- LOPES, A. S.; ALVAREZ V.; V. H. Apresentação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)*. Viçosa, CFSEMG, 1999. p. 21-24.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFFEIRO, 1. Anais*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 165 – 264.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, 1995. 889 p.
- MATIELLO, J. B. *O café: do cultivo ao consumo*. São Paulo, Globo, 1991. 319 p.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 11: 187-194, 1992.
- NOGUEIRA, A. R. A.; MOZETO, A. A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 14: 1-6, 1990.
- PARFITT, R. L. & SMART, R. S. The mechanism of sulfate adsorption on Fe oxides. *Soil Sci.*, 42: 48 – 50, 1958.

- PAVAN, M. A. & IGUE, K. Estudos de calagem em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4, Caxambu, 1976. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1976. 41 p.
- PAVAN, M. A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: Curso de atualização em fertilidade do solo. Londrina: IAPAR, 1983. 16 p.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.I.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a Brazilian Oxisol. Soil Sci., 48: 33-38, 1984.
- PAVAN, M. A. Comportamento do gesso nos solos das regiões tropicais e subtropicais. Piracicaba, SP, POTAFOS, 1986, 12p. (Informações Agronômicas, 35).
- PEREIRA, J. E. & SANTINATO, F. Efeito de níveis de calagem em Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sobre o desenvolvimento do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 6, Ribeirão Preto, 1978. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1978. p. 377 – 380.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. Van. Efeitos da 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; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P. de; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. R. Bras. Ci. Solo, 6: 33-37, 1982.
- RAIJ, B. Van. & QUAGGIO, J. A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA – DEP, 1984, p. 323 – 346.

- RAIJ, B. Van; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T.; SORDI, G. de. Efeito de calcário e de gesso para a soja cultivada em Latossolo Roxo ácido saturado com sulfato. R. Bras. Ci. Solo, 18: 305-312, 1994.
- REEVE, N.G.; SUMMER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface. Applied amendments. Agrochimica, 4: 1-6, 1972.
- 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.
- RENA, A. B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (eds.) Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, p. 13-85, 1986.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA D.M.G.; LOBATO, E.; CORRÊA O. Calcium leaching to increasing rooting depth in a Brazilian savannah oxisol. Soil Sci., 72: 40-44, 1980.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois Latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 8: 97-102, 1984.
- SAMPSON, M.; CLARKSON, D. T.; DAVIS, D. D. DNA, synthesis in aluminum-roots of barley. Science, 148: 1476 – 1477, 1965.
- 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. p. 18 – 20.

- SANTINATO, R.; MATIELLO, J. B.; PREGELLI, H. & COSTA, E. C. Doses crescentes e modo de aplicação 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.
- SHAINBERG, I.; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARING M.P.Y.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils: a review. *Advances in Soil Science*, New York, 9: 1-111, 1989.
- SILVEIRA, D. A. da. Calagem e gessagem em cafeeiro (*Coffea arabica* L.): produção, características químicas do solo e desenvolvimento radicular. Lavras: UFLA, 1995. 87 p. (Tese de Mestrado).
- SOPRANO, E.; ALVAREZ, V.H.V. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. *R. Bras. Ci. Solo*, 13: 25-29, 1989.
- SOUZA, D. M. G. & RITCHEY, K. D. Correção de acidez subsuperficial: uso do gesso no solo de cerrado. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Piracicaba, 1986. Anais... Campinas, Fundação Cargil, 1986. p. 91 – 113.
- SOUZA, E. A.; NEPTUNE, A. M. L. Efeitos da granulometria de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo. *R. Bras. Ci. Solo*, 3: 120-125, 1979.
- VIANA, A. S.; GARCIA, A. W. R.; LACERDA, M. P. & ANDRADE, P. C. Estudo sobre calagem complementar em cafezal, em solo LEd fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, Campinas, 1987. Resumos... Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1987. p. 219 – 225.

VIANA, A. S.; MAMTA, J. M.; FIORAVANTE, N. Estudo de níveis de saturação de bases (V%) e modo de aplicação de calagem e gessagem na formação e condução de cafeeiros em solo LEd fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 16, Espírito Santo do Pinhal, 1990. Anais... IBC, 1990. p. 135 – 139.

YAMADA, T. Capacidade de adsorção máxima de sulfato do solo como parâmetro adicional na recomendação de gesso. Piracicaba, 1988. 73 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

APÊNDICES

Apêndice 1. Análise de variância para as características químicas do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, dois anos após a aplicação inicial dos tratamentos.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t
Blocos	2	0,63	0,52 *	0,08	17,09 **	2,36 *
AT ^{1/} vs F ^{2/}	1	0,43	0,51 *	0,09	5,85 *	0,92
(-) vs Cal ^{3/} d/ AT	1	2,17 **	1,17 **	0,60 **	3,53 *	3,18 **
G0 ^{4/} vs G25 ^{5/} d/ AT	1	0,04	0,33	0,00	0,97	0,13
ER ^{6/} d/ 1,6 NC ^{7/} d/ G0 d/ AT	1	0,56	0,38	0,05	2,01	1,38
ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	1	0,70	0,26	0,07	0,66	1,22
SR ^{8/} vs CR ^{9/} d/ G25 d/ AT	1	0,25	0,15	0,03	0,95	0,48
RPP ^{10/} vs RNC ^{11/} d/ G25 d/ AT	1	0,01	0,00	0,01	0,23	0,03
(-) vs Cal d/ F	1	2,23 **	0,99 **	1,57 **	5,67 *	1,71 *
G0 vs G25 d/ F	1	0,05	0,53 *	0,01	0,81	0,81
RPP vs RNC d/ G0 d/ F	1	0,00	0,01	0,02	0,14	0,00
RPP vs RNC d/ G25 d/ F	1	0,70	0,09	0,05	0,27	0,65
Doses ^{12/} d/ AT d/ G0 d/ SR	5	1,25 **	0,89 **	0,17 **	3,33 **	3,02 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ SR	5	1,58 **	0,72 **	0,23 **	2,92 **	2,95 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RPP	5	0,87 **	0,31 *	0,14 *	1,12	1,37 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RNC	5	1,11 **	0,55 **	0,21 **	2,81 *	2,09 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RPP	5	1,12 **	0,70 **	0,37 **	3,58 **	2,05 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RPP	5	0,80 **	0,28 *	0,39 **	2,93 **	0,73
Doses d/ F d/ G0 d/ RNC	5	1,14 **	0,68 **	0,46 **	2,36 **	1,77 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RNC	5	0,33	0,17	0,33 **	1,10	0,20
Resíduo	86	0,18	0,10	0,05	0,86	0,38
C. V. (%)		43,95	44,11	72,72	20,65	28,73

^{1/} AT = aplicação em área total; ^{2/} F = aplicação em faixa; ^{3/} Cal = calagem; ^{4/} G0 = sem gesso; ^{5/} G25 = com gesso; ^{6/} ER = eficiência relativa, PRNT = 65 % vs PRNT = 76 %; ^{7/} NC = necessidade de calagem; ^{8/} SR = sem reposição; ^{9/} CR = com reposição; ^{10/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{11/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{12/} Doses = doses de calcário estudadas; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Apêndice 2. Análise de variância para as características químicas do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios						
		pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	t	m
Blocos	2	0,77 **	0,30	0,50 **	1,89	100,7 **	0,65 **	3.925,5 **
AT ^{/1} vs F ^{/2}	1	3,87 **	3,90 **	1,60 **	2,53 **	0,00	5,05 **	7.876,3 **
(-) vs Cal ^{/3} d/ AT	1	2,69 **	3,03 **	0,65 **	2,37 **	5,64 *	1,15 **	7.651,6 **
G0 ^{/4} vs G25 ^{/5} d/ AT	1	0,00	0,01	0,16 **	0,26	0,00	0,09	425,1
ER ^{/6} d/ 1,6 NC ^{/7} d/ G0 d/ AT	1	0,53 *	1,23 **	0,68 **	0,00	6,02 *	3,72 **	6,0
ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	1	0,27	0,46	0,38 **	0,01	2,42	1,40 **	5,9
SR ^{/8} vs CR ^{/9} d/ G25 d/ AT	1	0,04	0,69 *	0,04	0,16	3,08	0,44	504,1
RPP ^{/10} vs RNC ^{/11} d/ G25 d/ AT	1	0,02	0,22	0,00	0,01	0,73	0,06	78,1
(-) vs Cal d/ F	1	1,57 **	0,75 *	0,15	0,84 **	9,20 **	0,11	2.049,3 **
G0 vs G25 d/ F	1	0,06	0,49	0,36 **	0,72 **	1,40	0,41	603,5 *
RPP vs RNC d/ G0 d/ F	1	0,02	0,03	0,03	0,06	0,59	0,00	1.044,3 *
RPP vs RNC d/ G25 d/ F	1	0,02	0,09	0,02	0,00	0,35	0,37	132,7
Doses ^{/12} d/ AT d/ G0 d/ SR	1	1,29 **	1,33 **	0,58 **	0,74 **	5,21 **	1,36 *	2.381,1 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ SR	5	1,87 **	1,41 **	0,32 **	0,92 **	3,17 **	0,73 **	2.763,8 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RPP	5	0,83 **	1,36 **	0,36 **	0,87 **	3,14 **	0,99 **	2.670,0 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RNC	5	0,93 **	2,13 **	0,42 **	0,04	3,29 **	1,51 **	2.599,4 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RPP	5	0,64 **	0,64 **	0,23 **	0,61 **	4,48 **	0,46	991,9 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RPP	5	0,48 **	0,45 **	0,07	0,45 **	3,53 **	0,09	1.380,4 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RNC	5	0,69 **	0,00	0,22 **	0,53 **	3,27 **	0,49	1.673,9 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RNC	5	0,25	0,24	0,02	0,19*	2,98 **	0,07	605,9 **
Resíduo	5	0,11	0,13	0,05	0,07	0,89	0,23	152,0
C. V. (%)	86	7,12	31,02	48,78	45,29	20,78	20,30	41,72

^{/1} AT = aplicação em área total; ^{/2} F = aplicação em faixa; ^{/3} Cal = calagem; ^{/4} G0 = sem gesso; ^{/5} G25 = com gesso; ^{/6} ER = eficiência relativa, PRNT = 65 % vs PRNT = 76 %; ^{/7} NC = necessidade de calagem; ^{/8} SR = sem reposição; ^{/9} CR = com reposição; ^{/10} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{/11} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{/12} Doses = doses de calcário estudadas; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Apêndice 3. Análise de variância para os teores de S, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, em amostragem realizada após a colheita, nas profundidades 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios		
		S - 0 a 5 cm	S - 5 a 20 cm	S - 20 a 40 cm
Blocos	2	30,11	19,34	102,19 **
AT ^{/1} vs F ^{/2}	1	701,01 **	440,16 **	1.394,01 **
(-) vs Cal ^{/3} d/ AT	1	408,46 **	262,86 **	768,46 **
G0 ^{/4} vs G25 ^{/5} d/ AT	1	2.597,68 **	1.694,64 **	4.796,74 **
ER ^{/6} d/ 1,6 NC ^{/7} d/ G0 d/ AT	1	2,94	1,31	9,88
ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	1	59,40 **	33,89 *	142,81 **
SR ^{/8} vs CR ^{/9} d/ G25 d/ AT	1	62,67 **	12,32	389,79 **
RPP ^{/10} vs RNC ^{/11} d/ G25 d/ AT	1	37,86 *	24,84	74,58 **
(-) vs Cal d/ F	1	131,86 **	85,07 **	245,79 **
G0 vs G25 d/ F	1	1.933,47 **	1.269,60 **	3.500,65 **
RPP vs RNC d/ G0 d/ F	1	0,01	0,01	0,51
RPP vs RNC d/ G25 d/ F	1	8,00	4,26	21,50
Doses ^{/12} d/ AT d/ G0 d/ SR	5	0,29	0,17	0,68
Doses d/ AT d/ G25 d/ SR	5	204,20 **	135,19 **	337,38 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RPP	5	225,19 **	130,91 **	513,14 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RNC	5	146,01 **	86,06 **	321,01 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RPP	5	1,14	0,66	2,44
Doses d/ F d/ G25 d/ RPP	5	142,94 **	84,33 **	316,26 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RNC	5	0,84	0,42	2,41
Doses d/ F d/ G25 d/ RNC	5	149,29 **	92,42 **	304,41 **
Resíduo	86	7,75	7,42	7,10
C. V. (%)		22,58	27,44	15,90

^{/1} AT = aplicação em área total; ^{/2} F = aplicação em faixa; ^{/3} Cal = calagem; ^{/4} G0 = sem gesso; ^{/5} G25 = com gesso; ^{/6} ER = eficiência relativa, PRNT = 65 % vs PRNT = 76 %; ^{/7} NC = necessidade de calagem; ^{/8} SR = sem reposição; ^{/9} CR = com reposição; ^{/10} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{/11} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{/12} Doses = doses de calcário estudadas; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Apêndice 4. Análise de variância para os índices de crescimento do cafeeiro, de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro, no terceiro ano após a aplicação inicial dos tratamentos.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios		
		Altura ^{/13}	Ø Caule ^{/14}	Ø Copa ^{/15}
Blocos	2	791,00 **	0,45 *	22.681,30 **
AT ^{/1} vs F ^{/2}	1	35,63	0,10	169,17
(-) vs Cal ^{/3} d/ AT	1	154,35	0,83 **	814,42 *
G0 ^{/4} vs G25 ^{/5} d/ AT	1	20,67	0,01	81,34
ER ^{/6} d/ 1,6 NC ^{/7} d/ G0 d/ AT	1	240,66 *	0,38 *	682,66 *
ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	1	227,55 *	0,81 **	684,50 *
SR ^{/8} vs CR ^{/9} d/ G25 d/ AT	1	0,71	0,02	0,01
RPP ^{/10} vs RNC ^{/11} d/ G25 d/ AT	1	3,33	0,01	56,03
(-) vs Cal d/ F	1	52,01	0,57 **	565,34 *
G0 vs G25 d/ F	1	2,40	0,04	86,40
RPP vs RNC d/ G0 d/ F	1	3,33	0,05	213,33
RPP vs RNC d/ G25 d/ F	1	13,33	0,01	26,13
Doses ^{/12} d/ AT d/ G0 d/ SR	5	69,79	0,23 *	212,06
Doses d/ AT d/ G25 d/ SR	5	98,09	0,27 *	307,26
Doses d/ AT d/ G25 d/ RPP	5	102,32 *	0,36 **	370,36 *
Doses d/ AT d/ G25 d/ RNC	5	88,05	0,24 *	354,37 *
Doses d/ F d/ G0 d/ RPP	5	26,62	0,11	94,77
Doses d/ F d/ G25 d/ RPP	5	59,83	0,18	176,46
Doses d/ F d/ G0 d/ RNC	5	51,07	0,12	218,32
Doses d/ F d/ G25 d/ RNC	5	23,92	0,22 *	195,83
Resíduo	86	43,95	0,08	138,54
C. V. (%)		7,56	9,96	10,07

^{1/} AT = aplicação em área total; ^{2/} F = aplicação em faixa; ^{3/} Cal = calagem; ^{4/} G0 = sem gesso; ^{5/} G25 = com gesso; ^{6/} ER = eficiência relativa, PRNT = 65 % vs PRNT = 76 %; ^{7/} NC = necessidade de calagem; ^{8/} SR = sem reposição; ^{9/} CR = com reposição; ^{10/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{11/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{12/} Doses = doses de calcário estudadas; ^{13/} Altura = altura do solo ao ápice das plantas; ^{14/} Ø Caule = diâmetro do caule a 10 cm do solo, ^{15/} Ø Copa = maior diâmetro da copa do cafeeiro; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Apêndice 5. Análise de variância para produtividade de café beneficiado (kg/ha), proporção de grãos chochos e peso de 100 sementes de café beneficiado (g), de acordo com o manejo da calagem e da gessagem para o cafeeiro.

F.V.	G. L.	Quadrados Médios		
		Produção ^{/13}	Chochos ^{/14}	Peso 100 Sementes ^{/15}
Blocos	2	1.814.477,0 *	25,67 *	4,38 **
AT ^{/1} vs F ^{/2}	1	409.919,3	5,34	1,05
(-) vs Cal ^{/3} d/ AT	1	1.728.050,0 *	20,32	3,41 **
G0 ^{/4} vs G25 ^{/5} d/ AT	1	532.542,0	4,35	1,38 *
ER ^{/6} d/ 1,6 NC ^{/7} d/ G0 d/ AT	1	585.820,3	0,17	0,15
ER d/ 1,6 NC d/ G25 d/ AT	1	676.375,4	6,72	0,07
SR ^{/8} vs CR ^{/9} d/ G25 d/ AT	1	23.625,7	0,18	0,08
RPP ^{/10} vs RNC ^{/11} d/ G25 d/ AT	1	3.254,6	6,53	0,66
(-) vs Cal d/ F	1	1.774.647,0 *	41,26 *	2,58 **
G0 vs G25 d/ F	1	14.645,5	11,27	0,43
RPP vs RNC d/ G0 d/ F	1	217.060,9	0,03	0,28
RPP vs RNC d/ G25 d/ F	1	39.868,3	4,03	0,65
Doses ^{/12} d/ AT d/ G0 d/ SR	5	397.327,2	6,18	1,84 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ SR	5	656.968,5 *	6,10	1,08 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RPP	5	737.217,5 *	7,16	1,09 **
Doses d/ AT d/ G25 d/ RNC	5	527.117,8	3,73	1,20 **
Doses d/ F d/ G0 d/ RPP	5	379.969,6	16,35 *	1,31 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RPP	5	496.018,6	8,49	0,82 *
Doses d/ F d/ G0 d/ RNC	5	509.768,1	16,89 *	0,98 **
Doses d/ F d/ G25 d/ RNC	5	476.039,3	14,37 *	0,64
Resíduo	86	259.164,7	5,95	0,28
C. V. (%)		42,63	62,87	4,08

^{1/} AT = aplicação em área total; ^{2/} F = aplicação em faixa; ^{3/} Cal = calagem; ^{4/} G0 = sem gesso; ^{5/} G25 = com gesso; ^{6/} ER = eficiência relativa, PRNT = 65 % vs PRNT = 76 %; ^{7/} NC = necessidade de calagem; ^{8/} SR = sem reposição; ^{9/} CR = com reposição; ^{10/} RPP = reposição com doses proporcionais às do plantio; ^{11/} RNC = reposição da necessidade de calagem; ^{12/} Doses = doses de calcário estudadas; ** e * : significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.