

EDUARDO SAMPAIO MARQUES

**CALCÁRIO E GESSO NA NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.).**

*Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Agronomia, área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do
título de "MESTRE".*

Orientador

Prof. VALDEMAR FAQUIN

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1995

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Marques, Eduardo Sampaio

Calcário e gesso na nutrição mineral e produção do cafeeiro (*Coffea arabica*
L.) / Eduardo Sampaio Marques.--Lavras : UFLA, 1995.
66 p. : il.

Orientador: Valdemar Faquin.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Café - Nutrição mineral. 2. Calagem. 3. Gessagem. 4. Nutrientes - Teor. 5.
Nutrientes - Relações. 6. Produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.73891

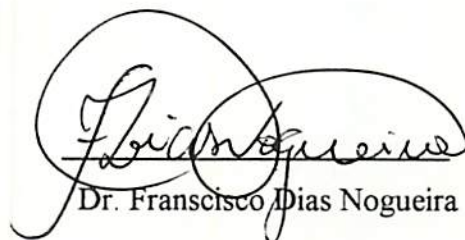
EDUARDO SAMPAIO MARQUES

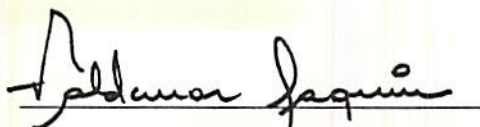
CALCÁRIO E GESSO NA NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO
CAFEIRO (*Coffea arabica* L.).

*Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Agronomia, área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do
título de "MESTRE".*

APROVADA EM: 08 de agosto de 1995


Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães


Dr. Francisco Dias Nogueira


Prof. Valdemar Faquin
(ORIENTADOR)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida.

A meus pais pelo apoio e confiança em mim depositados.

A Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Ao Professor Valdemar Faquin, pelo estímulo, eficiente orientação, dedicação, e paciência, tanto na iniciação científica quanto na pós-graduação.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pela cessão dos dados experimentais. Aos técnicos agrícolas Homero Gomes Lemos e Juracy Oliveira Júnior da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso, MG, pela colaboração na condução e coleta dos dados de campo. Ao engenheiro agrônomo Antônio Mendes da Ponte, então pesquisador da EPAMIG, pela elaboração do projeto. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pelo apoio na execução do experimento.

Ao Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães, pela segurança e valiosas sugestões apresentadas.

Ao Prof. Augusto Ramalho de Moraes pela orientação nas análises estatísticas e ao Dr. Francisco Dias Nogueira pelas sugestões.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos ensinamentos no decorrer do curso e aos servidores técnicos administrativos do mesmo Departamento, pela prestimosa cooperação sempre que necessária.

A todos os colegas da pós-graduação pela amizade e por repartir os bons e os maus momentos. Aos amigos de república, pela feliz convivência durante todo o período.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO	v
SUMMARY	vii
1- INTRODUÇÃO	1
2-REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1- Acidez do solo e o crescimento das plantas	4
2.2- Nutrição mineral e diagnose foliar no cafeeiro	6
2.3- Calagem para o cafeeiro	9
2.4- Gessagem para o cafeeiro	12
3- MATERIAL E MÉTODOS	15
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1- Efeito dos tratamentos sobre os teores foliares de nutrientes.....	19
4.1.1- Cálcio	19
4.1.2- Magnésio	22
4.1.3- Potássio	25
4.1.4- Enxofre	28
4.1.5- Manganês	31
4.2- Correlação entre os teores foliares de nutrientes e a produção	35
4.3- Estado nutricional do cafeeiro e produção	39
5- CONCLUSÕES	43
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
7- APÊNDICE	50
8- ANEXO	58

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características físicas e químicas de amostras a três profundidades do LRd, da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso (MG) realizada em 1978	15
2	Adubações de manutenção com N, P e K realizadas no experimento	16
3	Coefficientes de correlação linear simples entre os teores foliares dos nutrientes (g/kg) e as principais relações entre eles e a produção (sacas beneficiadas/ha), para os diversos anos estudados	35
4	Teores foliares dos macronutrientes, em g/kg, micronutrientes, em mg/kg, e algumas relações entre eles, (g/kg)/(g/kg), em anos de alta produção nos tratamentos que apresentaram a menor (C ₀ G ₀) e a maior (C ₃ G ₁) produção total (oito colheitas)	40

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Ca no cafeeiro nos diversos anos estudados	19
2	Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Ca no cafeeiro nos diversos anos estudados	20
3	Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Mg no cafeeiro nos diversos anos estudados	22
4	Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Mg no cafeeiro nos diversos anos estudados	23
5	Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de K no cafeeiro nos diversos anos estudados	26
6	Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de K no cafeeiro nos diversos anos estudados	27
7	Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de S no cafeeiro nos diversos anos estudados	29
8	Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de S no cafeeiro nos diversos anos estudados	30
9	Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Mn no cafeeiro nos diversos anos estudados	32
10	Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Mn no cafeeiro nos diversos anos estudados	33
11	Teores foliares de Ca, Mg, K, S e Mn, em g/kg, e produção do cafeeiro, em sacas beneficiadas/ha, nos anos estudados, nos tratamentos que apresentaram a menor (C ₀ G ₀) e a maior (C ₃ G ₁) produção total.....	38
12	Produção total acumulada do cafeeiro, em sacas beneficiadas/ha, no período estudado, em função das doses de gesso e de calcário	38

RESUMO

MARQUES, Eduardo Sampaio Calcário e gesso na nutrição mineral e produção do cafeeiro (*Coffea arabica*, L.). Lavras: UFLA, 1995. 57p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes combinações de doses de gesso e de calcário, na nutrição mineral e na produção do cafeeiro e estabelecer correlações entre teores foliares dos nutrientes com a produção, em um experimento conduzido por 11 anos.

O experimento foi instalado num LRd, localizado na Fazenda Experimental da EPAMIG em São Sebastião do Paraíso, MG, em janeiro de 1978, utilizando-se o cafeeiro da cultivar Catuaí Vermelho, linhagem CH 2057-2-5-44, no espaçamento de 2,0 X 2,0m com 1 planta por cova. A parcela experimental foi constituída de quatro linhas de quatro covas, num total de 16 covas, sendo as quatro plantas centrais consideradas como parcela útil. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram arranajados em esquema fatorial 4x3 sendo quatro doses de calcário dolomítico (0, 750, 1500 e 3000kg/ha) e três doses de gesso agrícola (0, 1290 e 2580kg/ha). Cinco anos depois da implantação do experimento reaplicou-se metade das doses aplicadas inicialmente. As adubações de plantio e de manutenção, bem como os cuidados fitossanitários foram os mesmos para todos os tratamentos. Nenhuma fonte de enxofre, além do gesso, foi aplicada no decorrer do período experimental.

O experimento foi conduzido até 1989, avaliando-se anualmente em dezembro/janeiro os teores foliares de nutrientes, em amostras do 3^o ou 4^o pares de folhas, e em julho a produção. Os dados de teores de nutrientes nas folhas e da produção de grãos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. Os dados dos teores foliares dos nutrientes, bem como os das relações entre eles, foram correlacionados (correlação linear simples) com os dados de produção do mesmo ciclo produtivo.

Orientador: Prof. Valdemar Faquin; Membros da banca: Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães e Dr. Francisco Dias Nogueira

Os resultados obtidos mostraram que os tratamentos influenciaram de maneira consistente na nutrição do cafeeiro em Ca, Mg, K, S e Mn. Com a sucessão das colheitas os teores foliares dos nutrientes aplicados pelos tratamentos (Ca, Mg e S) diminuíram a valores abaixo da faixa crítica. Isso indica a necessidade de aplicações periódicas desses nutrientes. A aplicação anual de K na adubação de manutenção, promoveu um desequilíbrio com o Ca e o Mg com a sucessão das colheitas. O monitoramento periódico destes nutrientes no solo através de análise química é necessário visando uma correta aplicação de K e uma avaliação das necessidades de aplicação de calcário como fonte de Ca e Mg. Os nutrientes cujos teores foliares se correlacionaram melhor com a produção foram o Ca, o S e o P, os dois primeiros positivamente e o último negativamente. As relações entre os teores foliares dos nutrientes se correlacionaram melhor com a produção do que os seus teores isoladamente. Os dados de produção total e de nutrição do cafeeiro indicam que a combinação da maior dose de calcário com a dose intermediária de gesso foi a mais adequada.

SUMMARY

LIMESTONE AND GYPSUM ON COFFEE (*Coffea arabica*, L.) MINERAL NUTRITION AND YIELD.

The objective of this study was to evaluate the long-term effects of different combinations of gypsum and limestone doses on coffee mineral nutrition and yield, and to establish correlations between leaf nutrient level and bean yield.

The experiment was installed in a dystrophic Dusky Red Latosol, placed at the EPAMIG's Experimental Farm, in São Sebastião do Paraíso, MG, at January, 1978, using Catuaí-Vermelho, cultivar CH 2057-2-5-44, at spacing of 2,0 X 2,0m between plants, with a single plant per planting hole. The experimental plots were made up of four lines with four holes each one, totaling 16 planting holes, being harvested only the four central plants from each plot. The experimental design utilized was a randomized blocks with three replications, and the treatments disposed in a 4x3 factorial, being four limestone doses (0, 750, 1500 and 3000kg/ha) and three gypsum doses (0, 1290 and 2580kg/ha). After five years after the set up all treatments were re-applied. Every treatments received a basal fertilization at the planting in addition to annual application of NPK and sanitary treatments. No source of S, other than gypsum, was used during the 11 years of the experimental period. The experiment was conducted until 1989 and evaluated yearly in December/January, for foliar level of nutrients in samples of the third or fourth pairs of leaves, and in July for bean yield. Leaf nutrient level and yield data were submitted to statistical analysis. Linear correlations between nutrient level in the leaves and some of their ratios and yield were made.

The results showed that the treatments consistently influenced the coffee nutrition in Ca, Mg, K, S and Mn. With the time leaf levels of Ca, Mg and S decreased and reached values below the adequate levels. This fact indicates the importance of periodical applications of these nutrients. Annual applications of K as dressing fertilization, caused an excess of the nutrient in relation to Ca and Mg. Frequent soil testing for Ca, Mg and K is necessary for correct recommendation of K fertilization and liming as source of Ca and Mg. Ca, S and P showed higher

correlations with yield, being Ca and S correlated positively and P negatively with coffee bean yield. Correlations between nutrient ratios and yield were higher than those established with single nutrients. Data from coffee mineral nutrition and accumulated yield indicated that the higher doses of limestone with the intermediate doses of gypsum was the best combination for coffee yield.

1 INTRODUÇÃO

Na exploração agrícola, dentre elas a cafeicultura, a produtividade é um fator essencial para a determinação dos custos de produção. Dentro de limites verifica-se que os custos são inversamente proporcionais aos níveis de produtividade. Isso ocorre porque uma série de custos fixos são mantidos com intensidade semelhante nos diferentes níveis de produtividade (Matiello, 1986).

Dentre os fatores que influem na produtividade destacam-se a adubação e a calagem. Malavolta (1986), a respeito da falta de adubação e calagem como causas da baixa produtividade das lavouras de café no Brasil, em relação a outras regiões cafeeiras do mundo, ressalta os seguintes aspectos sobre o assunto: os cafezais brasileiros recebem em torno de 30% da quantidade de fertilizantes que deveriam receber; a proporção dos elementos nas misturas nem sempre é a mais conveniente; os macronutrientes secundários têm sido negligenciados nos programas de adubação; os micronutrientes, principalmente o boro, o cobre e o zinco, muitas vezes limitantes à produção, não são aplicados ou são mal empregados e a calagem ou não é feita, ou é feita com calcário de má qualidade.

Embora continue como maior produtor mundial de café, o Brasil perdeu o posto de principal exportador. Analisar as causas dessa mudança não é do escopo deste trabalho, porém, certamente, fatores como a baixa fertilidade natural dos solos nos quais está implantado a maior parte do parque cafeeiro do país e a não adoção de técnicas como calagem e adubação são de grande importância.

Segundo Guimarães (1992) a cafeicultura de Minas Gerais, Estado principal produtor de café do país, é basicamente uma cafeicultura de Latossolos. Embora sejam aptos para uma cafeicultura altamente tecnificada, os Latossolos requerem o uso de corretivos e adubações

intensivas pois são caracterizados por acidez elevada, baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio, e praticamente ausência de reserva de minerais primários facilmente intemperizáveis. Além disso as limitações destes solos ocorrem também nas camadas subsuperficiais, onde os baixos teores de cálcio e a alta atividade do alumínio são os principais fatores químicos que impedem a maximização das produções, por limitar o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a utilização de água e nutrientes em profundidade.

A melhoria das características subsuperficiais do solo para o melhor desenvolvimento radicular é difícil pois exige incorporação profunda de calcário ou a utilização de doses elevadas deste insumo, levando alguns anos para que se façam sentir seus efeitos.

O uso do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) vem despertando interesse crescente nos meios de pesquisa, e também entre agricultores, como uma técnica que possibilita a diminuição dos problemas gerados pela acidez subsuperficial e, em consequência, a exploração, pelo sistema radicular das plantas, de camadas mais profundas do solo, o que implica em maior aproveitamento de nutrientes no perfil e, principalmente, maior tolerância a déficits hídricos. Além destes aspectos, o uso do gesso agrícola é de grande interesse para a indústria de fertilizantes já que, no final de 1991 haviam 29 milhões de toneladas acumuladas como subproduto da fabricação de ácido fosfórico, sendo acrescentadas anualmente 3,4 milhões de toneladas (Barti e Albuquerque, 1992). Segundo esses autores, para cada tonelada de P_2O_5 produzida a partir das rochas fosfáticas brasileiras, são produzidas 4,2 toneladas de gesso.

Embora alguns estudos já tenham sido conduzidos nesse sentido, ainda não se chegou a recomendações de doses de gesso em função da análise de solo que sejam de consenso entre os pesquisadores, e que tenham sido comprovadas na prática, como existe para o calcário.

Como uma técnica auxiliar e complementar à análise de solo, a diagnose foliar tem sido utilizada por pesquisadores e produtores de café. Porém, estudos de correlação entre teores de nutrientes nas folhas, no solo e produção, são escassos. Este tipo de estudo é importante para nortear o uso da análise foliar como ferramenta auxiliar para recomendação mais precisa de adubação e calagem, procedimento esse que tem um grande potencial em culturas perenes. O estabelecimento de níveis, ou faixas críticas, para os teores de nutrientes nas folhas ainda não é de consenso entre os pesquisadores da área. Muito se fala sobre equilíbrio nutricional mas poucas são as referências sobre as relações entre os nutrientes nas folhas, adequadas para o cafeeiro.

Malavolta (1993) apresenta valores de teores foliares de nutrientes, e algumas relações, que considera apenas como mais uma tentativa no estabelecimento daqueles níveis.

Dentro deste contexto, o presente estudo, conduzido durante onze anos na Fazenda Experimental da EPAMIG em São Sebastião do Paraíso (MG), teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes combinações de doses de gesso e de calcário na nutrição mineral e na produção do cafeeiro, além de estabelecer correlações entre os teores foliares de nutrientes com a produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Acidez do solo e o crescimento das plantas

A reação do solo pode ser avaliada através da determinação do pH em uma suspensão do solo em água. O pH do solo afeta os microrganismos e os vegetais superiores, além de influir na forma dos elementos químicos, nutrientes ou não, que são importantes para a vida das plantas.

Segundo Glass (1989) solos fortemente ácidos apresentam limitações para o crescimento da maioria das espécies de plantas, sendo que em valores de pH menores do que 3,0 os efeitos podem ser consequência direta do pH *per se*. Todavia, continua o autor, até em acidez moderada (pH 4,0 a 6,0) pode haver consideráveis reduções na produção que são devidas a efeitos indiretos do pH.

Malavolta (1980), descreve um experimento clássico da Nutrição Mineral de Plantas, em que se cultivou diferentes espécies em solução nutritiva cuja única variação era a concentração hidrogeniônica (pH variando de 3 a 9), para demonstrar o efeito do pH. Nesse ensaio verificou-se que, com pH da solução muito baixo as plantas absorvem menos P, Ca, K e N e, com pH igual a 3,0 havia perda de P e Ca pelas plantas.

Os solos ácidos apresentam, em geral, baixa disponibilidade de nutrientes. O Al, nesses solos, devido a sua alta capacidade de adsorção aos colóides, promove a perda de cátions essenciais às plantas (Ca, Mg e K) através de lixiviação. A disponibilidade de P e Mo é muito baixa dada à “fixação” dos ânions fosfato e molibdato. E ainda, devido à menor taxa de mineralização da matéria orgânica, os solos ácidos são também deficientes em N, S e B. Outra

limitação dos solos ácidos ao bom desenvolvimento de certas espécies de plantas é a baixa taxa de nitrificação (Vale, Guilherme e Guedes, 1993).

Segundo Lopes (1984) a maior parte dos solos brasileiros cultivados apresentam baixa saturação por bases, altos teores de alumínio trocável e elevada acidez, além de alta saturação por alumínio e baixos teores de cálcio trocável em profundidade no perfil. Isto os tornam inadequados para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, tanto superficialmente quanto em profundidade, limitando, em muito, a produtividade das culturas.

A alta saturação por alumínio e os baixos teores de cálcio em subsuperfície funcionam como “barreira química” ao desenvolvimento normal das raízes em profundidade em muitos solos do Brasil (Raij, 1988), ficando as culturas, sobre estes solos muito sensíveis a déficits hídricos e incapazes de absorver nutrientes em maiores profundidades.

Segundo Foy, Chaney e White (1978) o alumínio interfere na divisão celular das raízes, precipita o fósforo em formas menos disponíveis, no solo ou nas raízes, diminui a respiração radicular, altera certas enzimas que governam a deposição de polissacarídeos na parede celular aumentando sua rigidez, interfere na absorção, transporte e utilização de Ca, Mg, P, K e água pelas plantas, além de ser um poderoso complexante de ácidos nucleicos, causando sua precipitação.

A toxidez de alumínio ocorre quase que exclusivamente em solos com $\text{pH} < 5,0$, notadamente naqueles extremamente lixiviados, o que torna muito difícil distinguir os efeitos do Al *per se* dos efeitos de baixos teores de Ca, Mg, K e P (Woolhouse, 1983). Os sintomas de toxidez de alumínio nem sempre são facilmente identificáveis, aparecendo primeiro no sistema radicular, que tem sua elongação inibida, tornando as raízes curtas, engrossadas, quebradiças e com aspecto coralóide (Fleming e Foy, 1968).

Pavan e Bingham (1982), estudando o desenvolvimento do cafeeiro encontraram relações altamente significativas entre o crescimento relativo das raízes e a saturação por alumínio, a concentração total de Al na solução do solo, e a concentração de Al^{3+} na solução do solo; porém o maior coeficiente de correlação foi obtido com a atividade do Al^{3+} na solução do solo.

A presença de cálcio na solução em contato com as raízes é essencial para a sobrevivência e crescimento das mesmas, visto que, por ser um nutriente considerado imóvel no floema, não se desloca de outras partes da planta para as porções novas das raízes em

desenvolvimento. Segundo Ritchey, Silva e Souza (1983) teores de cálcio entre 1,0 e 1,5 mmol/kg de solo propiciam crescimento normal de raízes de plântulas.

2.2 Nutrição mineral e diagnose foliar no cafeeiro

A extração dos nutrientes por cafeeiros Mundo Novo de 10 anos de idade obedece à seguinte ordem decrescente: $N \geq K > Ca > Mg > P \geq S$, para os macronutrientes e, para os micronutrientes: $Cl > Fe > Mn > B > Cu > Zn > Mo$ (Catani e Moraes, 1958). O alto conteúdo de Cl, segundo Malavolta (1986) não corresponde, muito provavelmente, a uma necessidade da planta, devendo ser um caso de “consumo de luxo” provocado pelo uso do KCl na adubação das plantas analisadas.

Quanto à exportação, Malavolta et al. (1963) encontraram a seguinte ordem decrescente, para os macronutrientes: $K > N > Ca > Mg > S > P$ e, para os micronutrientes: $Fe > Zn > B \geq Mn > Cu > Mo$.

Para que a diagnose foliar possa ser usada eficientemente, três premissas devem ser obedecidas: dentro de limites devem existir relações diretas entre o suprimento de um dado nutriente pelo solo (ou adubo) e a produção; o suprimento do nutriente pelo solo e o teor foliar do mesmo e entre o teor foliar e a produção (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

Embora a diagnose foliar seja de grande valia na identificação de problemas nutricionais das culturas, ela não substitui a análise de solo. Rajj (1991) propõe que as duas devem ser usadas em conjunto. Para este autor, a análise de solo é insubstituível para avaliar a reação do solo e problemas associados a ela, servindo de base para determinar, de forma quantitativa, medidas corretivas. Para fósforo, cálcio, potássio e magnésio a análise de solo, no Brasil, ainda segundo Rajj (1991) é eficaz, sendo que a diagnose foliar pode ser usada para elucidar situações duvidosas. Para os demais nutrientes (N, S e micronutrientes), o emprego da análise foliar é de maior utilidade já que, para eles, não há ainda calibração da análise de solo, que permita sua utilização segura para identificação e correção de problemas nutricionais. Rajj (1991) lembra ainda que, se for considerada a oportunidade ou época de execução a análise de solo leva uma vantagem, já que é realizada antes da implantação de cultura anual, ou antes da fase de maior desenvolvimento, no caso de cultura perene. Por outro lado a diagnose foliar é feita com a cultura

já bastante desenvolvida, e qualquer problema diagnosticado, dificilmente poderá ser resolvido em tempo. No caso de culturas perenes há maior possibilidade de diagnosticar problemas pela análise foliar e tentar corrigi-los no mesmo ano agrícola, já existindo, inclusive, ajustes na recomendação de adubação para o cafeeiro que leva em conta resultados da diagnose foliar (Malavolta, 1993 e Malavolta, Fernandes e Romero, 1993).

Atualmente tem sido utilizado o conceito de “nível crítico”, no diagnóstico do estado nutricional das plantas. Existem várias definições para nível crítico. Como na prática da adubação o objetivo final não é a maior produção física, mas sim o maior lucro, tem sido aceita a definição do nível crítico fisiológico - econômico (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989): “a faixa de teores do elemento na folha abaixo da qual a colheita cai e acima da qual a adubação não é mais econômica.” Portanto, visto que a produção de máxima eficiência econômica situa-se um pouco abaixo da produção física máxima, tem sido utilizado pelos pesquisadores, teores dos nutrientes correspondentes a 80 ou 90% da produção máxima (Hoffmann et al, 1995).

Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) afirmam que os teores dos nutrientes obtidos numa análise foliar podem variar devido a diversos fatores, quais sejam: **planta**: variedade, idade da folha, época de amostragem, presença de frutos, exposição. Para o cafeeiro, variedade e exposição parecem não influenciar os teores de nutrientes nas folhas; **clima**: chuvas; **práticas culturais**: herbicidas, capinas, culturas intercalares; **pragas e moléstias**.

Para diagnose foliar do cafeeiro Malavolta, Fernandes e Romero (1993) recomendam a amostragem e análise do 3^o ou 4^o pares de folhas de ramos a meia altura da planta e ao redor da mesma. Esses autores apresentam uma tabela onde classificam os teores foliares de macro e micronutrientes em deficiente, adequado e excessivo, amostrados em fevereiro/março. Os teores tidos como adequados (faixa crítica) pelos autores para os macronutrientes são, em g/kg: N=27 a 32; P=1,5 a 2,0; K=19 a 24; Ca=10 a 14; Mg=3,1 a 3,6; S=1,5 a 2,0; e para os micronutrientes, em mg/kg: B=59 a 80; Cu=8 a 16; Fe=90 a 180; Mn=120 a 210; Mo=0,15 a 0,20; Zn=8 a 16. Embora se trate de apenas mais uma tentativa de classificação dos teores foliares de macro e micronutrientes, os teores encontrados em glebas de alta produtividade em Alfenas - MG, apresentados por Malavolta (1993), mostram uma grande concordância com estes valores. Gallo et al. (1970) em levantamento do estado nutricional de lavouras cafeeiras implantadas sobre diferentes solos do Estado de São Paulo encontraram teores de Ca mais altos em cafezais sobre

LR (15,5g/kg) do que sobre podzólicos (12,06 a 10,2g/kg). Os resultados deste trabalho concordam em grande parte com os do trabalho de Nagai et al. (1974), que utilizaram os mesmos solos do trabalho de Gallo et al. (1970).

Dados de análises foliares podem ser interpretados por diferentes metodologias. Leite (1993) avaliou o estado nutricional do cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar (nível crítico, alimentação global e equilíbrios fisiológicos, índices balanceados de Kenworthy e DRIS). O autor concluiu ser o DRIS o melhor método para diagnosticar as limitações nutricionais das lavouras. Porém, o que se verifica na prática é que praticamente não se utiliza este método na interpretação de resultados de análise foliar, talvez devido à maior complexidade envolvida, tanto nos cálculos quanto na interpretação dos resultados.

2.3 Calagem para o cafeeiro

Segundo Kupper (1983) o cafeeiro se desenvolve bem em solo com pH entre 5,0 e 6,5. Todavia, conforme abordado anteriormente, a acidez, mesmo que moderada pode proporcionar considerável redução na produção. Assim, Guimarães e Lopes (1986) indicam o pH de 6,0 como um valor em que a eficiência do sistema como um todo é maior e recomendam, face a resultados de pesquisa, calagem para se atingir este pH. Dados do IBEC Research Institute, citados por Malavolta (1993), mostram que os cafezais de alta produtividade no Paraná encontram-se com maior frequência, em solos cujo pH em água está na faixa de 6,0 a 7,0. Saliendo a importância da calagem para o cafeeiro, Malavolta et al. (1979) encontraram relação linear e altamente significativa, entre teores de Ca no solo (entre 10 e 60 mmol/dm³) e a produção.

Dentre os efeitos benéficos da calagem mencionam-se os seguintes: fornecimento de cálcio e magnésio ao solo; elevação do pH; diminuição da toxidez de Al, Fe e Mn; diminuição da lixiviação do potássio aplicado, pelo aumento da CTC; diminuição da adsorção ou “fixação” de P; diminuição da disponibilidade de manganês e zinco em alguns solos; aumento da disponibilidade de molibdênio; aumento da atividade microbiana e a liberação de nutrientes tais como nitrogênio,

fósforo, enxofre e boro pela decomposição da matéria orgânica; melhoria do meio ambiente do solo para bactérias associadas à fixação simbiótica do nitrogênio e aumento da produção das culturas como resultado de um ou mais efeitos anteriormente citados (Munson, 1982).

Além destes efeitos somam-se ainda os seguintes, considerados de grande valor para os solos de baixa fertilidade: aumenta as cargas dependentes de pH e, conseqüentemente, a capacidade de troca de cátions; induz, dependendo da dose de calcário aplicada, a uma considerável lixiviação de cálcio e magnésio, diminuindo a toxidez de alumínio, ferro e manganês abaixo da camada de incorporação (Lopes, 1984).

O cálcio do calcário é muito lentamente lixiviado, pois o ânion CO_3^{2-} do carbonato de cálcio reage com os ácidos dos solos com pH baixo e é transformado em CO_2 que se perde na atmosfera (Pavan e Volkweiss, 1986). Como é necessária a existência de ânions acompanhantes para que as bases se movimentem no solo, o Ca proveniente do calcário não é facilmente lixiviado. Na verdade, calagens elevadas podem aumentar, com o passar do tempo, os teores de cálcio e mesmo o pH em profundidade (Raij, 1988).

Muitos são os trabalhos sobre calagem para a implantação de cafezais. Garcia et al. (1983) estudando o efeito da calagem na implantação do cafezal em relação às quatro primeiras produções, em um LE sob cerrado, encontraram efeitos altamente significativos da calagem em relação ao tratamento sem calcário, destacando-se como superior aos demais, a calagem em área total, associada à adição de calcário na cova. Estes resultados corroboram com os de Reis, Matiello e Santinato (1975) para a formação do cafeeiro em Vitória da Conquista (BA) num LE e de Santinato, Silva e Barros (1985) num LE sob cerrado. Pereira, Miguel e Oliveira (1981) estudando o efeito de sete tipos de calcário na formação e na primeira safra do cafeeiro observaram que as plantas tratadas com calcário de baixo teor de Mg e a testemunha sem calagem, apresentaram pouco vigor vegetativo, baixo teor foliar de Mg e baixa produtividade. Os calcários com teor de Mg entre 6 e 11% propiciaram melhor desenvolvimento do cafeeiro, maiores teores foliares de Mg e produção significativamente superior aos demais.

Ao utilizar um calcário com baixo teor de MgO (2,01%), Garcia, Martins e Fioravante (1980) obtiveram produções iguais para as doses de 2 a 32t/ha e superiores à ausência de calcário. Embora a concentração foliar de Mg resultante dos tratamentos fosse baixa, a produção pode ser considerada boa (em torno de 20 sacas de café beneficiadas/ha como média de

2 anos). Após a segunda produção as plantas dos tratamentos com 2 e 4t de calcário/ha se destacaram das demais, mostrando-se, segundo os autores, mais enfolhadas e com melhores perspectivas futuras, o que foi atribuído à melhor relação foliar Ca/Mg presente nesses tratamentos, em torno de 4/1.

Chaves, Pavan e Igue (1984) obtiveram aumento na concentração foliar de Ca e Mg e redução nas de Zn, K e Mn, eliminando os efeitos tóxicos deste último, com a aplicação de calcário. As melhorias nas características químicas do solo e do estado nutricional das plantas, na dose de 2,5t de calcário/ha, contribuíram para uma maior produtividade do cafeeiro. A dose de 10t de calcário dolomítico/ha proporcionou altos teores de Ca e Mg trocáveis, baixo teor de K disponível no solo e relação entre os cátions excessivamente alta para a produção do cafeeiro. Este trabalho, bem como o de Garcia, Martins e Fioravante (1980) demonstram que o equilíbrio entre os nutrientes é, também, muito importante para a obtenção de boas produtividades no cafeeiro.

A melhor dose de calcário para o cafeeiro no estudo de Viana, Mata e Fioravante (1990) foi a que elevou a saturação por bases inicialmente a 40%, com complementação nos 2 anos seguintes com doses suficientes para elevar a saturação por bases a 66%, obtendo produtividade 3,24 vezes superior à da testemunha. Sem a calagem complementar, a maior produtividade foi obtida com a saturação por bases de 60 a 80%, superando a testemunha em 2,84 a 3,00 vezes.

Freire et al. (1984) recomendam que o calcário seja aplicado em área total além de uma quantidade adicional na cova, por ocasião da implantação da lavoura. Garcia (1983), Reis, Matiello e Santinato (1975), e Santinato, Silva e Barros (1985) obtiveram resultados experimentais que suportam esta recomendação. Já Malavolta (1993) discute que, se a calagem em área total elevar a saturação por bases a 60 - 70%, é difícil conceber que mais calcário seja necessário na cova, sendo possível até que haja prejuízo.

Quanto à calagem para cafeeiros já estabelecidos, cabe lembrar que as adubações de manutenção realizadas anualmente nas lavouras em produção, são importantes causas de acidificação do solo sob a saia das plantas. Além disso, sabe-se que o Ca e o Mg representam o 3º e o 4º nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro em produção (Malavolta, 1986).

Para as condições de Porto Rico, onde o cafeeiro é cultivado em solos ácidos e sob adubações intensivas, Vicente-Chandler et al. (1968) recomendam que se aplique a cada 3 anos, 7,41t de calcário/ha, sob as linhas de cafeeiros, para neutralizar a acidez residual dos fertilizantes. Com esta estratégia os autores conseguiram quase que quadruplicar a produtividade.

Freire et al. (1984) e Guimarães e Lopes (1986), sugerem que, em cafezais estabelecidos se faça duas amostragens de solo: uma na região de aplicação dos fertilizantes (projeção da copa) e outra no meio da rua. De posse destes resultados os autores recomendam que se aplique o calcário onde for necessário, se apenas na projeção da copa ou em área total.

2.4 Gessagem para o cafeeiro

Conforme já mencionado, o calcário promove uma correção e melhoria das características químicas do solo apenas na camada superficial, onde é incorporado, pelo menos a curto prazo. Para que haja um efeito melhorador nas características da subsuperfície para o desenvolvimento radicular, é necessária a presença de ânions acompanhantes para que o Ca e outros cátions, possam ser lixiviados com maior velocidade. Dentre esses ânions têm sido estudados o SO_4^{2-} , o Cl^- e o NO_3^- .

Na prática, o sulfato (SO_4^{2-}) pode servir como um meio eficaz para promover o movimento de cátions no solo devido às reações de associação com metais, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , formando complexos solúveis com menores valências - CaSO_4^0 , MgSO_4^0 , K_2SO_4^0 (Pavan e Volkweiss 1986). Como fonte de sulfato, o gesso (CaSO_4) promove a movimentação dos cátions no solo. Além disso, o gesso apresenta um efeito adicional na redução do nível de toxidez de alumínio pela indução de polimerização de Al, pelas reações de troca entre SO_4^{2-} e os grupos OH da superfície dos óxidos (Reeve e Sumner, 1972, citados por Pavan e Volkweiss, 1986), ou pela formação da associação iônica AlSO_4^+ (não absorvido pelas raízes) e, conseqüentemente, diminuindo a atividade do íon Al^{3+} na solução do solo e do Al trocável. O aumento dos teores de Ca em profundidade associado à diminuição da atividade do Al, são responsáveis pelo maior desenvolvimento das raízes nas camadas mais profundas do solo.

Sumner et al. (1986) compararam a calagem a 1 metro de profundidade com aplicação superficial de gesso. O calcário precipitou todo o Al solúvel e aumentou o teor de Ca,

permitindo o livre crescimento das raízes no subsolo. O gesso, segundo os autores, reduziu a atividade do Al^{3+} e aumentou a do Ca^{2+} exercendo um efeito similar, porém menos acentuado do que o calcário. Resultados semelhantes foram obtidos por Ritchey et al. (1980) que incorporaram $CaCl_2$, $CaSO_4$ e $CaCO_3$ a 15cm de profundidade em colunas de solo e, após aplicação de 1200mm de água detectaram movimento do Ca a 180, 75 e 25cm, respectivamente.

Ainda não há uma recomendação comprovada de dose de gesso por parte da pesquisa agrícola (Malavolta, 1993). Por outro lado, alguns trabalhos realizados demonstram respostas positivas e significativas de diversas culturas, entre elas o café, à gessagem. Deve-se ressaltar que muitas das respostas em produção atribuídas ao gesso se devem ao enxofre, nutriente muitas vezes relegado a segundo plano em programas de adubação, e não ao efeito de melhorador do ambiente radicular em profundidade. Assim, Freitas et al. (1972) num solo com 3 ppm de $S- SO_4$ verificaram que a utilização de 67,2kg de S/ha na forma de gesso promoveu aumentos no teores foliares de S e um incremento de 82% na produção de café beneficiado.

Viana, Corrêa e Andrade (1987) estudando fontes de P e doses de gesso para o cafeeiro em solo de cerrado, atribuíram ao S as melhores produções obtidas com o uso do gesso nas parcelas sem P ou com fosfato natural, já que nas parcelas que receberam o superfosfato simples (que contém 12% de S) não houve resposta ao gesso.

Quanto aos critérios para avaliação da necessidade de uso do gesso, um dos mais utilizados é o de Lopes (1986), que sugere o uso do gesso como condicionador de subsuperfície quando a análise do solo abaixo de 20cm de profundidade revelar teores de cálcio menores ou iguais a $3mmol/dm^3$, teores de alumínio maiores ou iguais a $5mmol/dm^3$, e saturação por Al maior que 30%. Em trabalho mais recente Sousa et al. (1992) sugerem os seguintes limites para possibilidade média de resposta ao gesso, como melhorador do ambiente radicular em subsuperfície: saturação por Al entre 20 e 40% e saturação por Ca entre 60 e 45%. Quando o solo apresentar saturação por Al maior que 40% e saturação por Ca menor que 45% a possibilidade de resposta a gesso é alta.

Numa tentativa de recomendação de dose de gesso, Freire et al. (1984) recomendam que o gesso deve ser usado preferivelmente em combinação com o calcário dolomítico de maneira que 25 a 50% do CaO recomendado na calagem entre como gesso e os outros 50 a 75% como calcário, em função dos custos e disponibilidade destes insumos no local e

do teor de MgO do calcário. Desta forma, continuam os autores, pode ser usado tanto em aplicação em área total antes do plantio e, ou, misturado à terra no enchimento das covas, bem como em lavouras já estabelecidas.

Para Raij (1988) as indicações de doses baseadas em substituição de parte da calagem, amarração com adubação fosfatada visando recompor a quantidade de gesso que seria adicionada via superfosfato simples, ou a simples multiplicação do teor de Al por um fator, deveriam ser desconsideradas, já que não têm uma base em propriedades químicas do solo e nem em experimentação. De fato, Quaggio et al. (1993) estudando as respostas da soja à aplicação de calcário e gesso, obtiveram respostas muito acentuadas à calagem e ausência de resposta a gesso e à interação calcário x gesso, o que demonstrou que o critério de recomendação de gesso pela substituição de parte do calcário não se aplica neste caso, pois pode prejudicar a resposta da cultura à calagem.

Atualmente as recomendações de doses propostas por Sousa et al. (1992), baseadas na capacidade do solo em reter sulfato, cálcio ou no teor de argila parecem as mais indicadas, pois na verdade, é o único método que apresenta uma base científica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento do presente trabalho foi conduzido por 11 anos na Fazenda Experimental da EPAMIG em São Sebastião do Paraíso, MG, de janeiro de 1978 até setembro de 1989, quando foi realizada a última colheita, sendo que em janeiro de 1988, foram coletadas as últimas amostras foliares.

Deve ser ressaltado que este foi o primeiro experimento instalado em condições de campo no Brasil, com o objetivo de se estudar gessagem em cafeeiros. Na data de sua implantação nenhuma informação existia sobre critérios de recomendação, doses e maneira de aplicação do produto na cultura.

O experimento foi implantado em Latossolo Roxo distrófico (LRd), sob vegetação de floresta tropical subperenifólia transicional para cerrado, a uma altitude de 940 m, latitude de 20° 54'S, longitude de 46° 59'W e uma precipitação média anual de 1627 mm de chuva (Resende et al., 1973/74), sendo o clima classificado como Cwa, segundo Köppen (Antunes, 1986). Os dados de precipitação mensal, bem como as temperaturas médias, máximas e mínimas, registradas durante o período experimental estão nas Tabelas 1 a 11 do Anexo. Para a caracterização do solo foram coletadas amostras compostas de 0-20, 20-40 e 40-60cm de profundidade que após secas ao ar e passadas em peneira de 2mm, foram analisadas química e fisicamente (Tabela 1).

A cultivar de cafeeiro utilizada foi a Catuaí, linhagem CH 2057-2-5-44, plantado no espaçamento de 2,0 X 2,0 m, com uma planta por cova.

A parcela experimental foi constituída de quatro linhas de quatro covas, formando um total de 16 covas por parcela, sendo considerada a parcela útil as quatro plantas centrais. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4 X 3, sendo quatro doses de calcário dolomítico ($C_0 = 0$; $C_1 =$

750; $C_2 = 1500$ e $C_3 = 3000$ kg/ha) e três doses de gesso agrícola ($G_0 = 0$; $G_1 = 1290$ e $G_2 = 2580$ kg/ha). As doses de calcário foram determinadas pela análise química do solo onde a dose C_2 representa a quantidade de calcário recomendada para a área experimental determinada pelo método do Al e Ca+Mg trocáveis (Comissão..., 1978). A dose C_1 correspondeu à metade e a C_3 ao dobro da dose recomendada. A dose G_2 de gesso agrícola foi determinada de modo a representar a quantidade equivalente de CaO da dose C_2 de calcário. A dose de gesso agrícola G_1 correspondeu à metade da dose G_2 . O calcário utilizado apresentou 43% de CaO; 9,45% de MgO e PRNT de 79,14% e o gesso continha 25% de CaO.

O calcário e o gesso foram aplicados antes do plantio, em área total, metade antes da aração e metade antes da gradagem. Cinco anos depois, em 1983, reaplicou-se metade das doses aplicadas inicialmente, tanto de calcário quanto de gesso.

Tabela 1. Características físicas e químicas de amostras a três profundidades do LRd, da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso (MG), realizada em 1978.

Características	Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	40 - 60
pH - H ₂ O	5,2	4,8	4,7
Ca ⁺² + Mg ⁺² (mmol/dm ³) ^(a)	12,2	8,0	6,0
Al ⁺³ (mmol/dm ³) ^(a)	2,0	1,0	1,0
K ⁺ (mg/dm ³) ^(b)	53,0	42,0	22,0
Argila (g/kg) ^(c)	524	524	564
Silte (g/kg) ^(c)	120	80	80
Areias (g/kg) ^(c)	356	396	356

^(a) Extrator KCl 1N; ^(b) Extrator Mehlich-1; ^(c) Método da pipeta.

Nas covas de plantio foram aplicados, em todos os tratamentos, 10 litros de esterco de curral, 30g de P na forma de superfosfato triplo e 12,4g de K na forma de cloreto de potássio.

As adubações de manutenção realizadas no experimento estão resumidas na Tabela 2. As fontes utilizadas para N, P e K foram, respectivamente: uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. As adubações anuais foram parceladas em 4 vezes iguais.

Durante todo o período, o experimento recebeu aplicações de B e Zn via foliar para controle preventivo de deficiências, além dos controles fitossanitários e tratos culturais necessários.

Anualmente, em dezembro ou janeiro, foram feitas amostragens de folhas quando coletaram-se o 3^o ou 4^o pares de folhas, nas quatro exposições das plantas, da parcela útil, perfazendo o total de 100 folhas por parcela. As folhas colhidas foram lavadas e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar a 70 °C até atingir peso constante. A matéria seca foi moída em moinho tipo Willey com peneira de 40 malhas por polegada e armazenada em frasco de vidro até o momento das determinações químicas. Nos anos de 81/82 não foram realizadas análises foliares e não houve produção devido à ocorrência de geada. Em 87/88 também não houve produção.

Tabela 2: Adubações anuais de manutenção com N, P e K realizadas no experimento.

ANO	N	P	K
	g/cova		
1 ^o	30	-	24,9
2 ^o	60	-	49,8
3 ^o	100	7,9	83
4 ^o ao 11 ^o	120	21,85	149,4

O teor de nitrogênio total nas amostras de folhas foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl segundo Liao(1981), e a destilação e titulação segundo Bremner e Edwards (1965). No extrato, obtido por digestão nítrico-perclórica (Zaroski e Burau, 1977), foram dosados os teores totais de P e B por colorimetria; os de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; os de K por fotometria de emissão de chama; os de S total por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) apresentam descrições detalhadas das metodologias acima.

Os dados de teores de nutrientes nas folhas e da produção de grãos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial de acordo com o procedimento proposto por Pimentel Gomes (1985). Os dados de teores foliares dos nutrientes bem como os das relações entre eles foram correlacionados (correlação linear simples) com os dados de produção do mesmo ciclo produtivo. Assim, os resultados das análises das folhas coletadas em dezembro de um dado ano foram correlacionados com a produção obtida em julho do ano seguinte. Utilizou-se nas análises estatísticas o Sistema de Análises Estatísticas (SANEST), desenvolvido no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Adotou-se para a análise dos dados o nível de significância de 10%. Segundo sugestão de Pimentel Gomes (1987) níveis de significância menos exigentes, de 10 até 25% de probabilidade são recomendáveis, quando o uso das técnicas em estudo não implica em aumento de despesa. Como no presente estudo utilizou-se calcário e gesso, relativamente insumos de menor custo, optou-se pela utilização de nível de significância de 10%.

O efeito dos tratamentos nas propriedades químicas do solo, no desenvolvimento do sistema radicular e também na produção do cafeeiro foi objetivo do trabalho de Silveira (1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos tratamentos sobre os teores foliares de nutrientes

Nas Tabelas 1A à 16A do Apêndice, são mostradas as análises de variância para os teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro nos anos estudados. Observa-se que a interação calcário x gesso não afetou significativamente os teores foliares dos nutrientes, à exceção do P em 80/81, Mn em 84/85 e 87/88 e do Ca e K em 85/86, ao nível de 10% de probabilidade. Foram observados efeitos significativos do calcário e do gesso isoladamente, principalmente para aqueles nutrientes envolvidos com os tratamentos, e também para aqueles influenciados por interações ou variação do pH. Portanto, neste item serão discutidos apenas os efeitos dos tratamentos nos teores foliares de Ca, Mg, K, S e Mn.

4.1.1 Cálcio

As Figuras 1 e 2 mostram que o aumento das doses, tanto de calcário quanto de gesso, promoveu a elevação nos teores de Ca nas folhas do cafeeiro, embora nem sempre de forma significativa (Tabelas 1A, 3A, 5A, 7A, 9A, 11A, 13A e 15A do Apêndice). Silveira (1995) utilizando o mesmo experimento do presente trabalho, mostrou também incrementos nos teores de Ca trocável no solo com o aumento das doses de calcário e gesso.

Quaggio, Mascarenhas e Bataglia (1982), trabalhando com soja e Quaggio, Dechen e Raj (1982), com amendoim, também obtiveram aumento nos teores foliares de Ca em função de doses de calcário e gesso. Por outro lado Lim e Shen (1978) trabalhando com milho, não

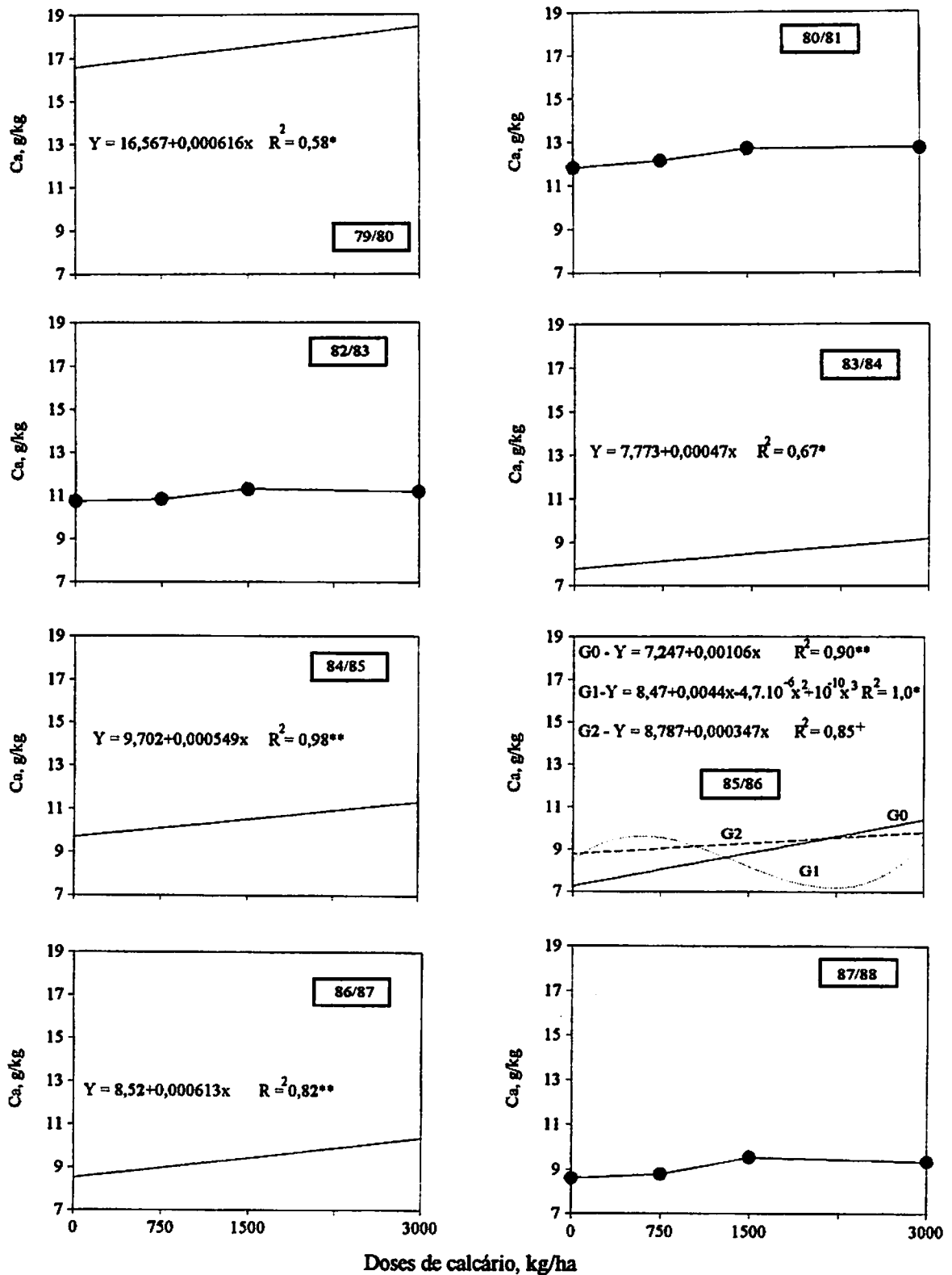


Figura 1: Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Ca no cafeeiro nos diversos anos estudados.

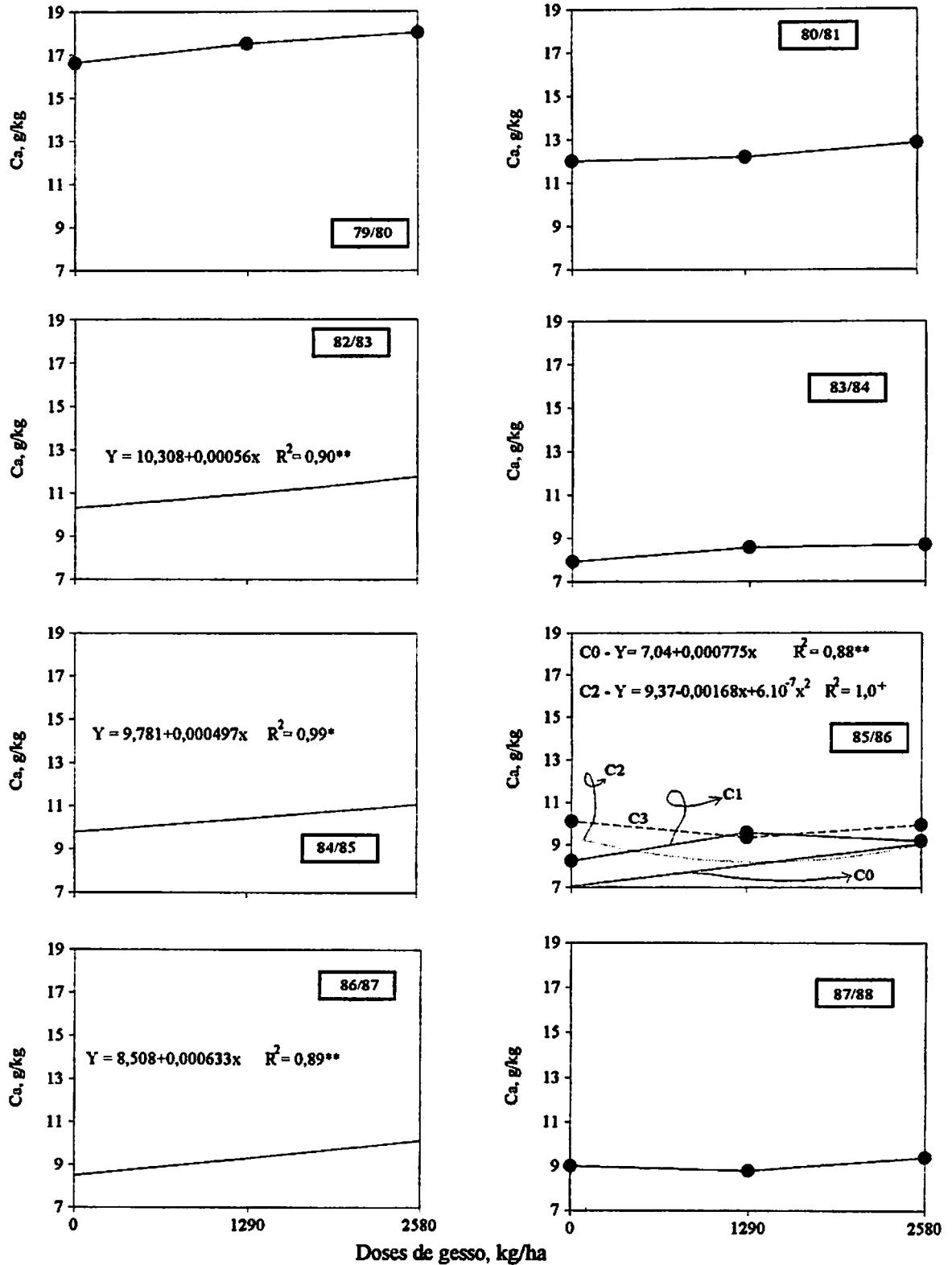


Figura 2: Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Ca no cafeeiro nos diversos anos estudados.

obtiveram alterações nos teores foliares de Ca em função de doses de calcário e de P, embora os teores de Ca no solo tenham aumentado rapidamente com a calagem. Ramos et al.(1989) também não encontraram diferenças entre os teores foliares de Ca em três cultivares de soja em função de doses de calcário (0 a 12 t/ha).

Observa-se também nas Figuras 1 e 2 que, independente das doses de calcário e gesso, os teores foliares de Ca apresentaram uma queda nos seus valores à partir de 83/84; este fato, possivelmente, deve-se à menor disponibilidade de Ca no solo com as extrações sucessivas com as colheitas. O aumento observado em 84/85 foi reflexo da reaplicação de meia dose dos “corretivos” realizada em 1983. Isto promoveu uma variação no estado nutricional do cafeeiro em Ca em função dos anos de avaliação. Considerando a faixa crítica de Ca de 10 a 14g/kg (Malavolta, Fernandes e Romero, 1993), inicialmente, os teores apresentaram-se acima, foram diminuindo até atingirem valores abaixo da faixa crítica em 83/84 e a partir de 85/86. Garcia, Martins e Fioravante (1980) não obtiveram teores de Ca dentro da faixa crítica, em café Catuaí, mesmo após a aplicação de 32t de calcário/ha. Chaves, Pavan e Igue (1984), também em café, obtiveram teores foliares de Ca menores que 13g/kg após a aplicação de 10 ton de calcário/ha.

Pavan et al. (1986) estudando o manejo da adubação para formação de cafezais, encontraram teores de Ca variando de 8,8g/kg a 10,1g/kg num ano e 8,8 a 12,6g/kg em outro ano. Furlani et al. (1976), trabalhando com Catuaí, em vasos, com diferentes fontes e doses de K, também encontraram teores de Ca abaixo daquela faixa.

4.1.2 Magnésio

O aumento nas doses de calcário promoveu aumentos significativos nos teores foliares de Mg no cafeeiro em quase todos os anos avaliados; o gesso, como era esperado, promoveu pequenas variações nos teores de Mg, sendo significativo apenas em 85/86, a nível de 10% de probabilidade (Figuras 3 e 4 e Tabelas 1A, 3A, 5A, 7A, 9A, 11A, 13A e 15A do Apêndice). A maior dose de gesso aplicada, G₂, de maneira geral, apresentou uma tendência de diminuição dos teores de Mg, possivelmente devido à inibição competitiva do Ca, pelo desbalanço de ambos no solo. Quaggio et al. (1982), em amendoim, verificaram uma diminuição no Mg foliar com as doses de gesso, principalmente nas parcelas com pouco calcário. Pode-se observar ainda

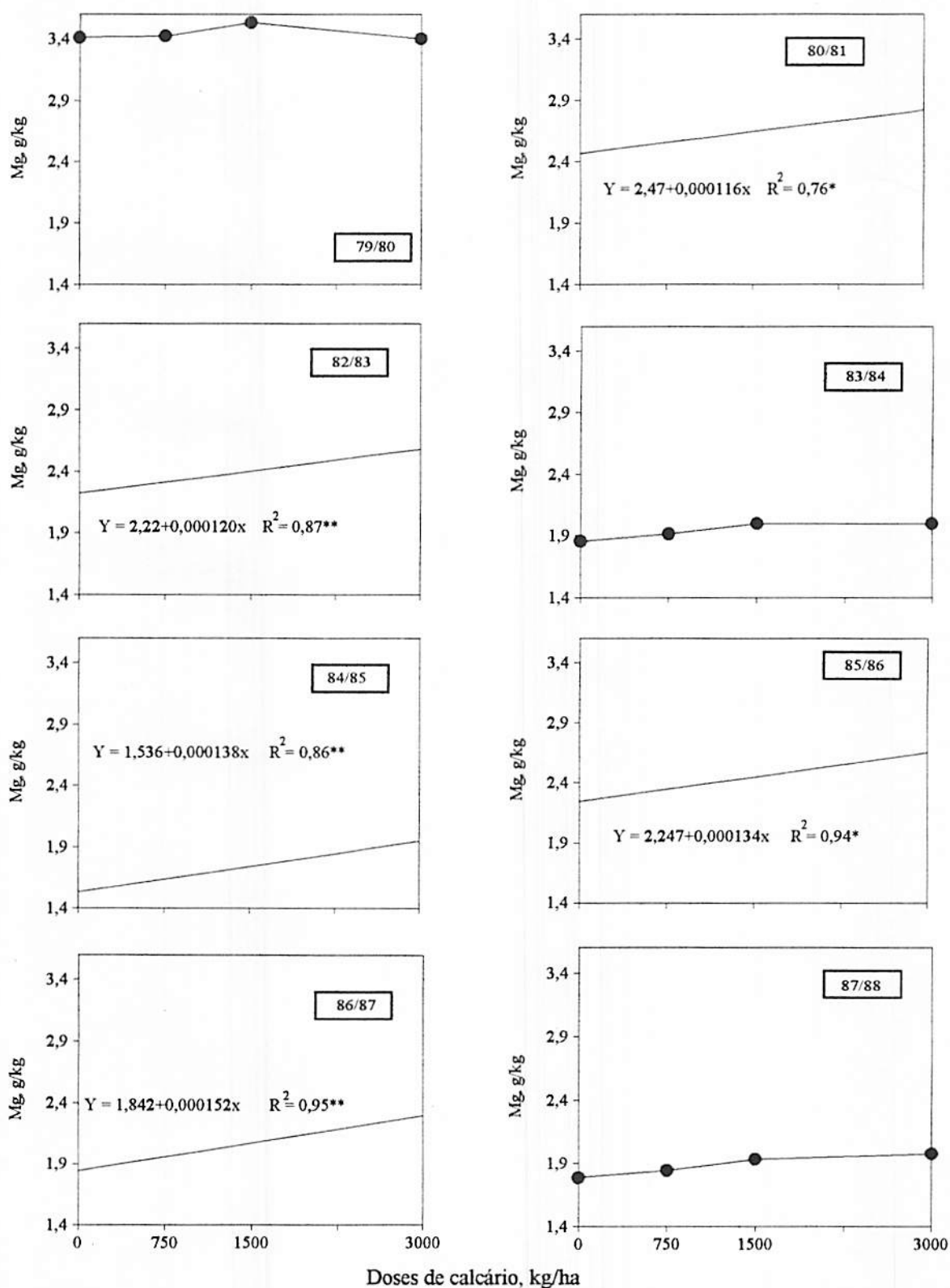


Figura 3: Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Mg no cafeeiro nos diversos anos estudados.

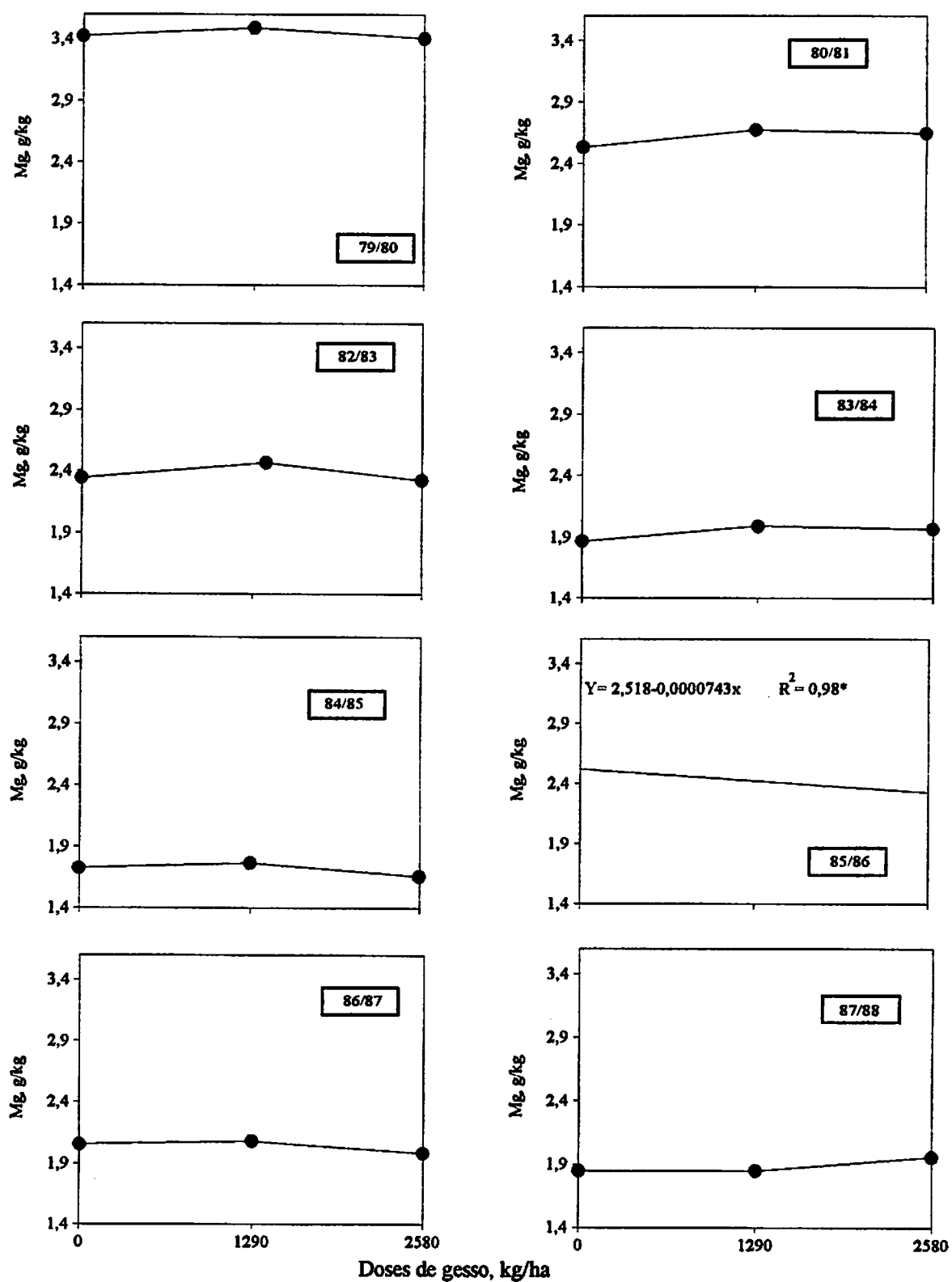


Figura 4: Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Mg no cafeeiro nos diversos anos estudados.

(Figuras 3 e 4) que os teores foliares desse nutriente, à exceção do primeiro ano, sempre estiveram abaixo da faixa adequada (3,1 a 3,6g/kg) estabelecida por Malavolta, Fernandes e Romero (1993). Ressalta-se que foram observados sintomas de deficiência de Mg, mesmo nas plantas dos tratamentos mais produtivos.

Da mesma maneira observada para o Ca, os teores foliares de Mg apresentaram uma grande redução nos valores à partir de 83/84, onde os teores encontrados foram muito inferiores aos considerados adequados, mesmo assim, não impediu a obtenção de boas produtividades em 84/85 e 86/87.

Alguns autores (Garcia, Martins e Fioravante,1980, Furlani et al.,1976) também estudando o efeito da calagem, encontraram teores de Mg semelhantes aos deste estudo, em cafeeiro Catuaí, tendo os primeiros inclusive obtido produções consideradas razoáveis. Lim e Shen (1978), trabalhando com milho, encontraram diferenças significativas no teor foliar de Mg entre os tratamentos com e sem calcário no primeiro e no segundo cultivos. Ramos et al. (1989), em soja, e Chaves, Pavan e Igue (1984), em café, obtiveram aumentos nos teores foliares de Mg com o aumento das doses de calcário. No trabalho de Bolivar (1993), com cafeeiro, os teores de Mg foliar aumentaram em razão do efeito das doses de calcário em presença de doses médias de gesso.

Pereira, Miguel e Oliveira (1981) usando calcário com baixo teor em Mg obtiveram plantas de café pouco vigorosas, baixo teor de Mg foliar (2,6-2,8g/kg) e pouco produtivas. Usando calcário com 6 a 11% de Mg^{2+} os autores obtiveram teores altos de Mg (3,6 a 4,2g/kg) e produções significativamente superiores às demais.

Os teores foliares de Mg estão coerentes com seus teores no solo, uma vez que Silveira (1995), trabalhando com o mesmo experimento do presente trabalho, encontrou teores baixos de Mg em todo o perfil do solo, mesmo na presença das maiores doses de calcário.

4.1.3 Potássio

As Tabelas 1A, 3A, 5A, 7A, 9A, 11A, 13A e 15A do Apêndice mostram que os teores foliares de K foram afetados significativamente mais pelas doses de calcário do que pelas de gesso. Na maioria dos anos avaliados, o aumento das doses de calcário promoveu uma diminuição

dos teores foliares de K (Figuras 5 e 6). Já é bem conhecida a interação entre o Ca, Mg e o K no processo de absorção, onde o aumento da disponibilidade de um reduz a absorção do outro (Faquin, 1994). Este fato está bem claro neste trabalho, pois como visto nas Figuras 1 e 3, o aumento das doses de calcário promoveu aumentos nos teores foliares de Ca e Mg, respectivamente.

Chaves, Pavan e Igue (1984) verificaram que o K foliar diminuiu em função das doses de calcário como resultado da redução do K disponível e aumento nas relações Ca/K e Mg/K no solo. Uma concentração foliar de K igual a 18g/kg, obtida nas doses de calcário mais altas, provavelmente contribuiu, segundo os autores, para diminuir a produção de café. Por outro lado Garcia, Martins e Fioravante (1980) variando a dose de calcário calcítico aplicada de 0 a 32t/ha obtiveram apenas ligeira variação no teor de K nas folhas de cafeeiro Catuaí. Quaggio et al. (1993) por sua vez obtiveram aumento no K foliar em soja com o aumento nas doses de calcário de 0 para 6t/ha. Em milho Lim e Shen (1978) não obtiveram efeito de doses de calcário sobre o teor foliar de K. Ramos et al. (1989) observaram tendência de queda no teor foliar de K em três cultivares de soja com o aumento da dose de calcário de 0 para 12 t/ha, embora não de forma significativa. No estudo de Quaggio et al. (1982), com amendoim, as doses de calcário e gesso não influenciaram os teores foliares de K.

Ao contrário do observado para o Ca e Mg, os teores foliares de K apresentaram uma elevação dos valores com a sucessão dos anos a partir de 80/81, permanecendo em níveis tidos como adequados por Malavolta, Fernandes e Romero (1993) (19 a 24g de K/kg) a partir de 82/83. Apenas em 79/80 e 80/81, os teores foliares de K estiveram abaixo da faixa adequada citada acima. Lembra-se que o K não fez parte dos tratamento e que foi aplicado anualmente pela adubação de manutenção. De fato, Silveira (1995), trabalhando com o solo do mesmo experimento utilizado neste estudo, identificou um aumento dos teores de K no solo com os anos, o que foi bem refletido em seus teores foliares. Pavan et al. (1986) afirmam que teores foliares de K inferiores a 20g/kg e no solo inferiores a 23mg/dm³, provavelmente limitaram a produção do cafeeiro. As produções máximas foram obtidas nas parcelas cujas plantas apresentavam teor foliar de K de 27g/kg.

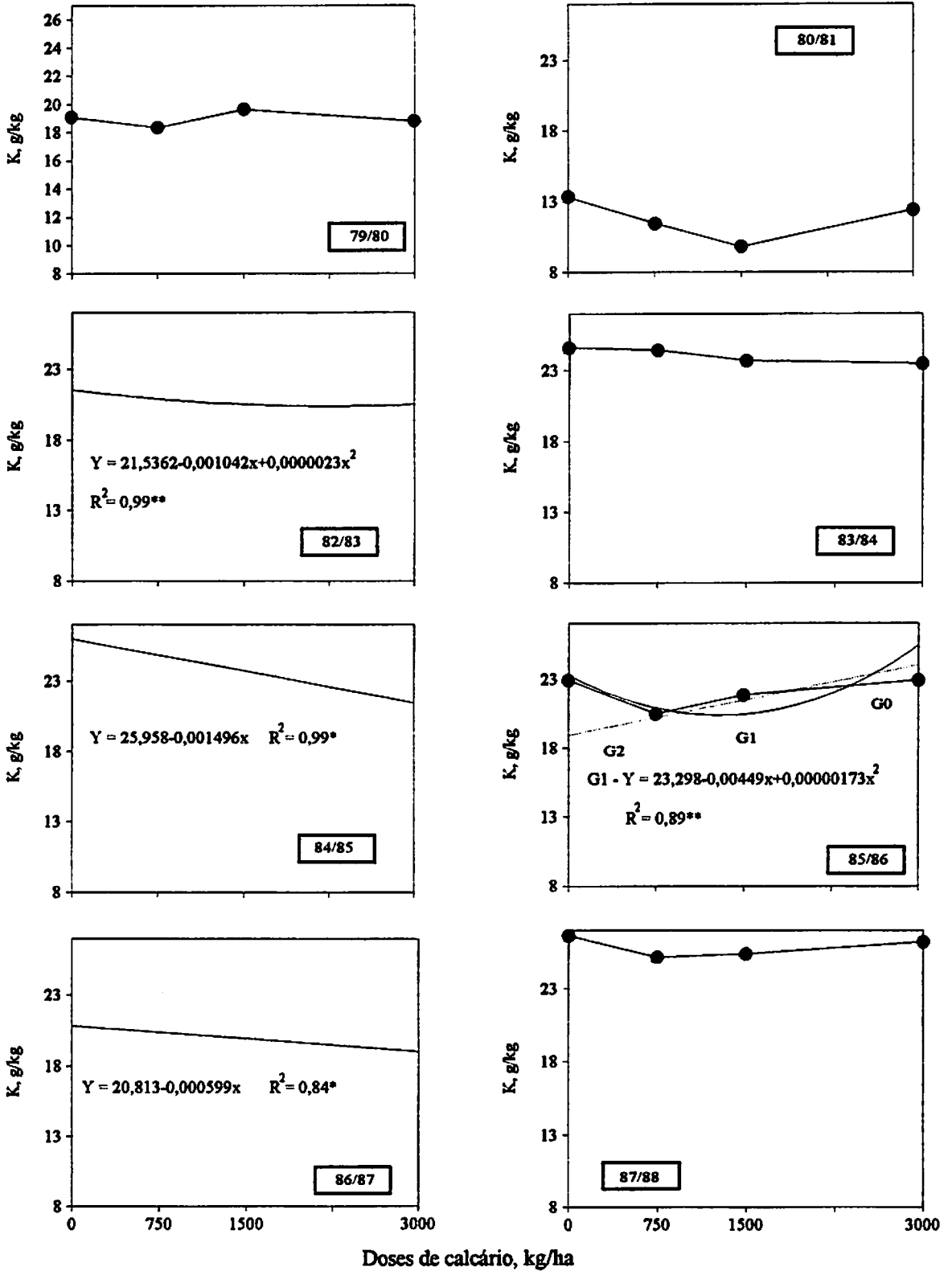


Figura 5: Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de K no cafeeiro nos diversos anos estudados.

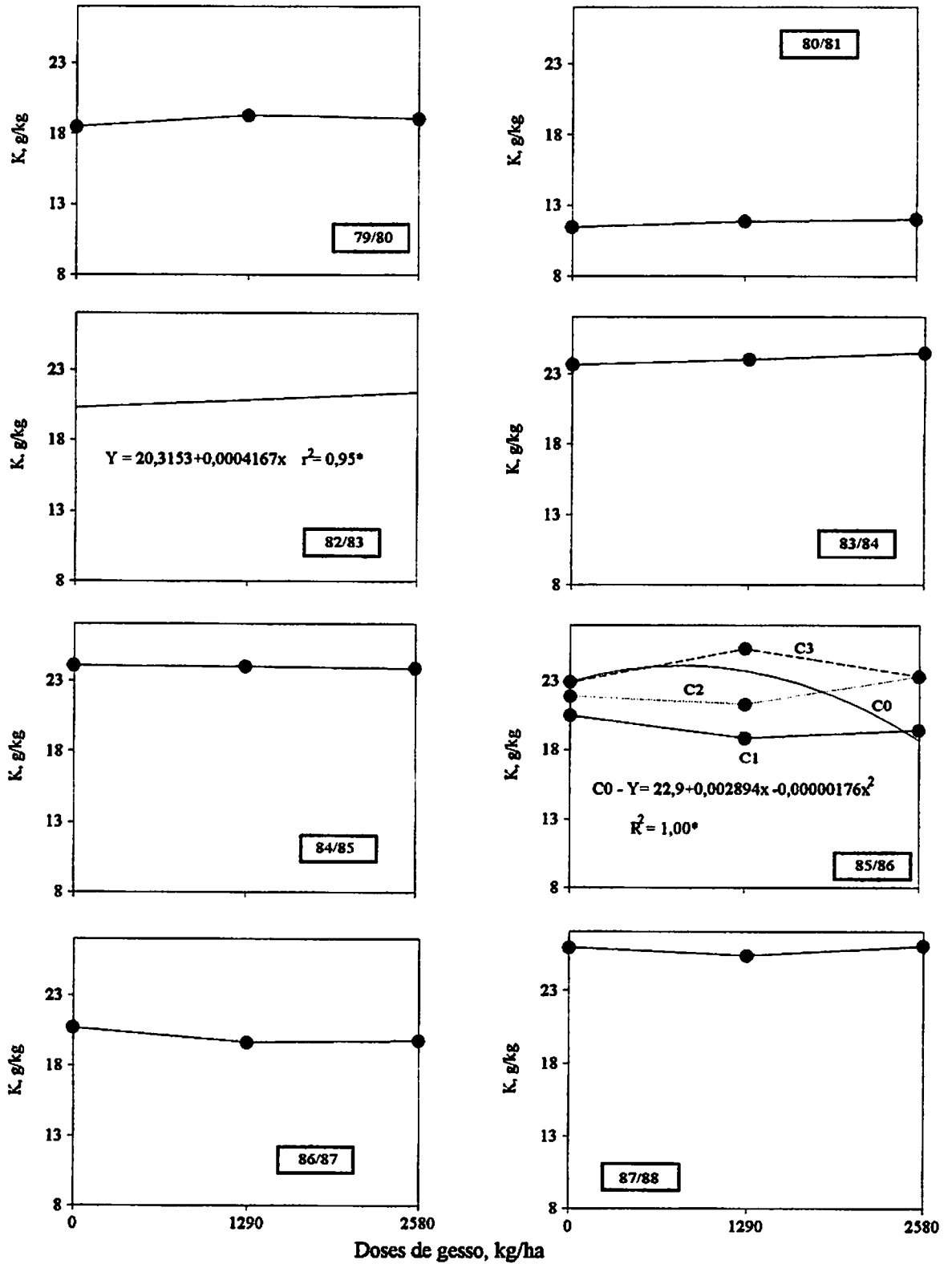


Figura 6: Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de K no cafeeiro nos diversos anos estudados.

4.1.4 Enxofre

O gesso promoveu acréscimos significativos nos teores de S em todos os anos, à exceção do primeiro em que houve apenas tendência de aumento; o calcário, por sua vez, não afetou o teor foliar de S de forma consistente (Figuras 7 e 8 e Tabelas 1A, 3A, 5A, 7A, 9A, 11A, 13A e 15A do Apêndice). Cabe ressaltar que os teores foliares de S estiveram quase sempre abaixo da faixa considerada crítica (1,5 - 2,0g/kg) por Malavolta, Fernandes e Romero (1993), principalmente nos anos de 85/86, 86/87 e 87/88. Em 85/86 a média dos teores foliares de S foi de 0,5g/kg, que corresponde a 1/3 do considerado como adequado pelos mesmos autores. No ano anterior obteve-se elevada produção, o que pode ter esgotado a planta em S. Deve-se ressaltar que a maior frequência de teores foliares considerados adequados encontra-se na presença de gesso, onde também foram obtidas as maiores produtividades.

Nagai et al. (1974) também encontraram teores muito baixos de enxofre em folhas de cafeeiro (0,04 a 0,09g/kg). Furlani et al. (1976) obtiveram aumento significativo no teor foliar de S pelo uso de sulfato de potássio na adubação do cafeeiro. Em soja, doses de calcário variando de 3 a 9t/ha não provocaram aumento no teor de S foliar mas houve diferença significativa entre a dose 0 e a dose de 3t/ha. Este acréscimo foi atribuído pelos autores a um enraizamento mais profundo provocado pela calagem pois o solo em questão era rico em S-SO₄²⁻ apenas nas camadas mais profundas (Quaggio et al., 1993). O aumento promovido nos teores foliares de Ca e S pela utilização do gesso levou os autores a afirmarem que o gesso é ótima fonte desses nutrientes. Ramos et al. (1989) também com soja obtiveram acréscimo nos teores foliares de S em função da aplicação de calcário (0 a 12 t/ha), embora não significativo. Por outro lado Quaggio, Dechen e Rajj (1982), em amendoim, não obtiveram aumento no S foliar com as doses de gesso.

Tal como observado para o Ca e o Mg, com a sucessão dos anos, os teores foliares de S sofreram uma queda nos valores, tanto para os tratamentos de calcário quanto nos de gesso (Figuras 7 e 8). Possivelmente, isto tenha ocorrido devido a diminuição dos teores de S do solo pelas sucessivas extrações pelas colheitas e,ou, lixiviação do S-SO₄²⁻ para profundidades não exploradas pelo sistema radicular das plantas.

Cabe notar que nas plantas dos tratamentos que não receberam gesso foram observados sintomas característicos de deficiência de enxofre.

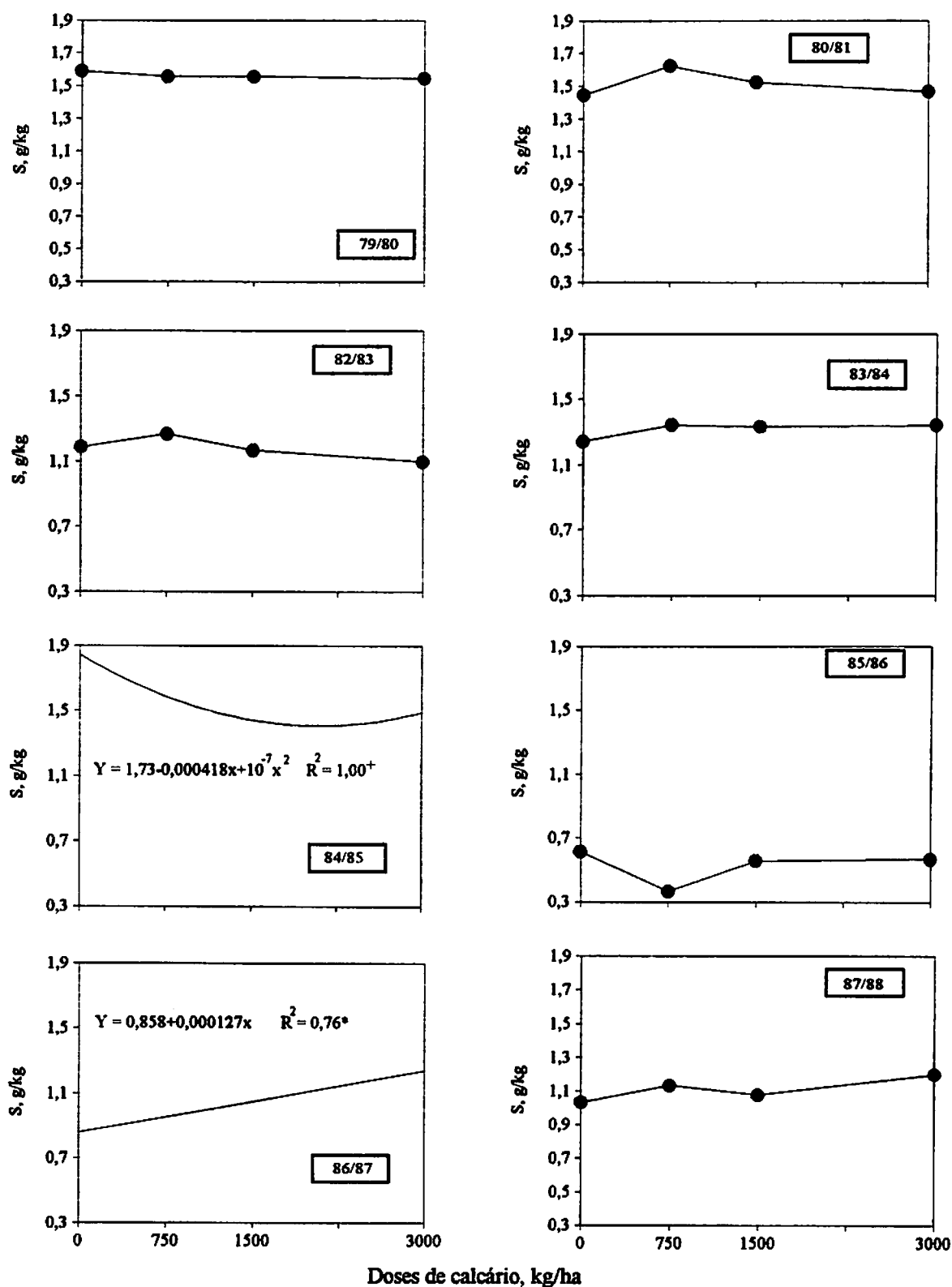


Figura 7: Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de S no cafeeiro nos diversos anos estudados.

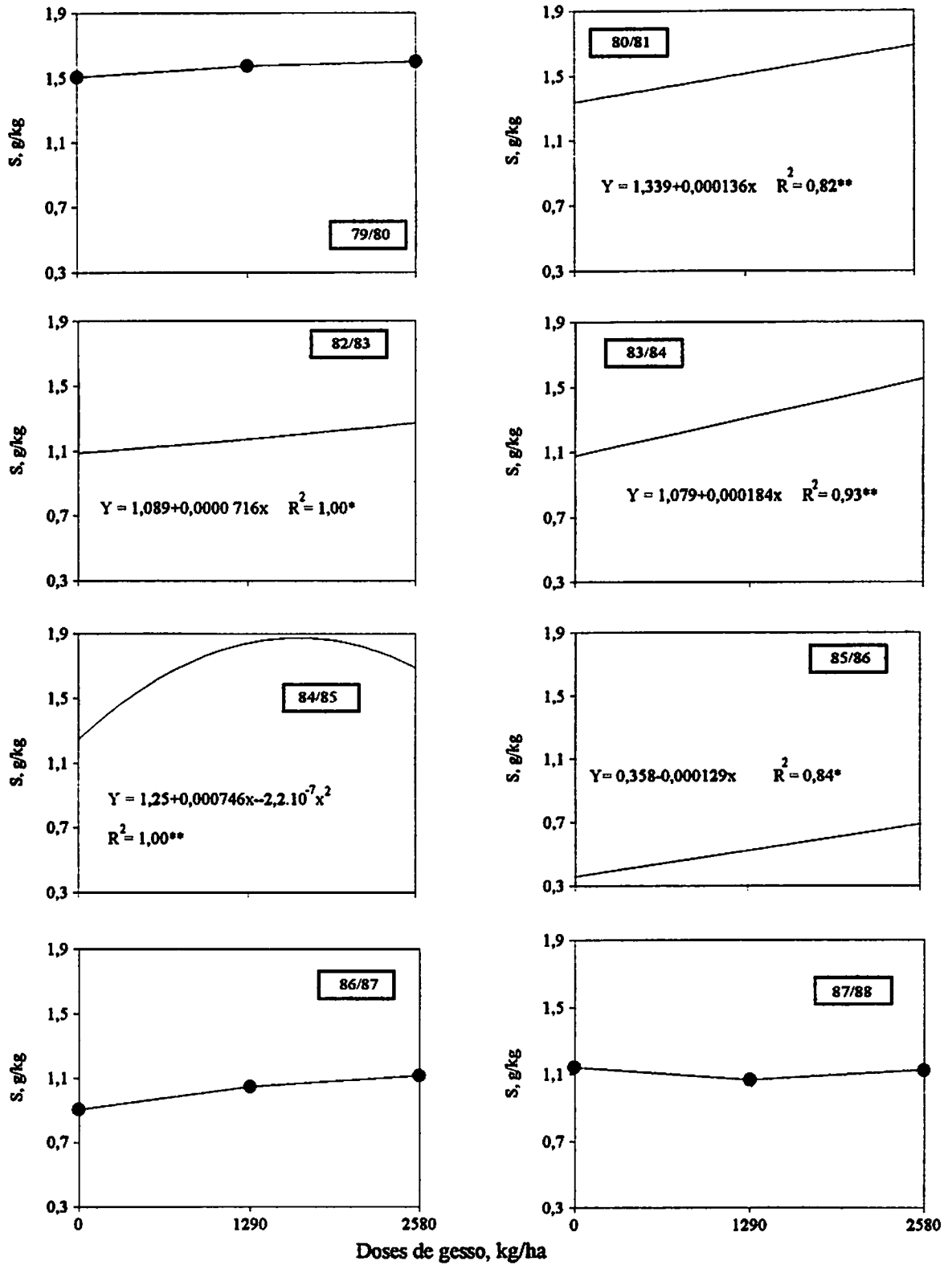


Figura 8: Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de S no cafeeiro nos diversos anos estudados.

4.1.5 Manganês

Observa-se nas Figuras 9 e 10 e Tabelas 2A, 4A, 6A, 8A, 10A, 12A, 14A e 16A do Apêndice, que o aumento das doses calcário promoveu uma diminuição significativa no teor foliar de Mn em todos os anos, exceto do ano de 79/80, em que houve apenas uma tendência de decréscimo. Já é bem conhecido que a aplicação de calcário, e a conseqüente elevação do pH do solo, diminui a disponibilidade de Mn no solo reduzindo sua absorção e os seus teores foliares.

Silveira (1995), estudando as alterações químicas do solo do presente experimento, observou acréscimos nos valores de pH da camada superficial do solo, com o aumento das doses de calcário, e quando o calcário foi associado às doses de gesso, esse aumento ocorreu nas camadas inferiores. Segundo Vale, Guilherme e Guedes (1993) a elevação de uma unidade no pH diminui em 100 vezes a disponibilidade de Mn no solo. As doses de gesso não afetaram a concentração de Mn nas folhas, exceto nos anos de 84/85 e 87/88 em que houve interação significativa gesso x calcário e no ano de 86/87 no qual o aumento das doses de gesso causou aumento na concentração de Mn nas folhas.

Os teores de Mn encontrados neste trabalho encontram-se muito acima dos teores considerados adequados por Malavolta, Fernandes e Romero (1993) que estão entre 120 e 210mg/kg. No trabalho de Pavan e Bingham (1982), com a cultivar Catuaí Vermelho os teores tóxicos de Mn nas folhas foram associados a uma concentração superior a 1200mg/kg. Neste trabalho teores tão elevados de Mn foram obtidos apenas no ano de 79/80, quando provavelmente o calcário ainda não tinha reagido completamente e em 84/85.

Chaves, Pavan e Igue (1984) atribuíram os menores teores de Mn nas folhas de cafeeiros, com o aumento das doses de calcário, provavelmente, à oxidação do Mn no solo e a um estado de maior valência com o aumento dos valores de pH. Pavan, Chaves e Mesquita Filho (1986) obtiveram teores mais altos de Mn com o aumento das doses de NPK em cobertura, devido, segundo os autores, ao efeito da acidificação na redução química do Mn no solo. Da mesma forma, Hiroce et al. (1976) demonstraram que o uso de adubos nitrogenados em lavouras cafeeiras, diminuíram o pH do solo e proporcionaram aumentos nos teores de Mn nas folhas. No estudo de Moraes et al. (1987) com fertilizantes nitrogenados em café, o abaixamento de pH esteve associado a uma elevação dos teores de Mn^{2+} no solo. Os teores foliares de Mn elevaram-se

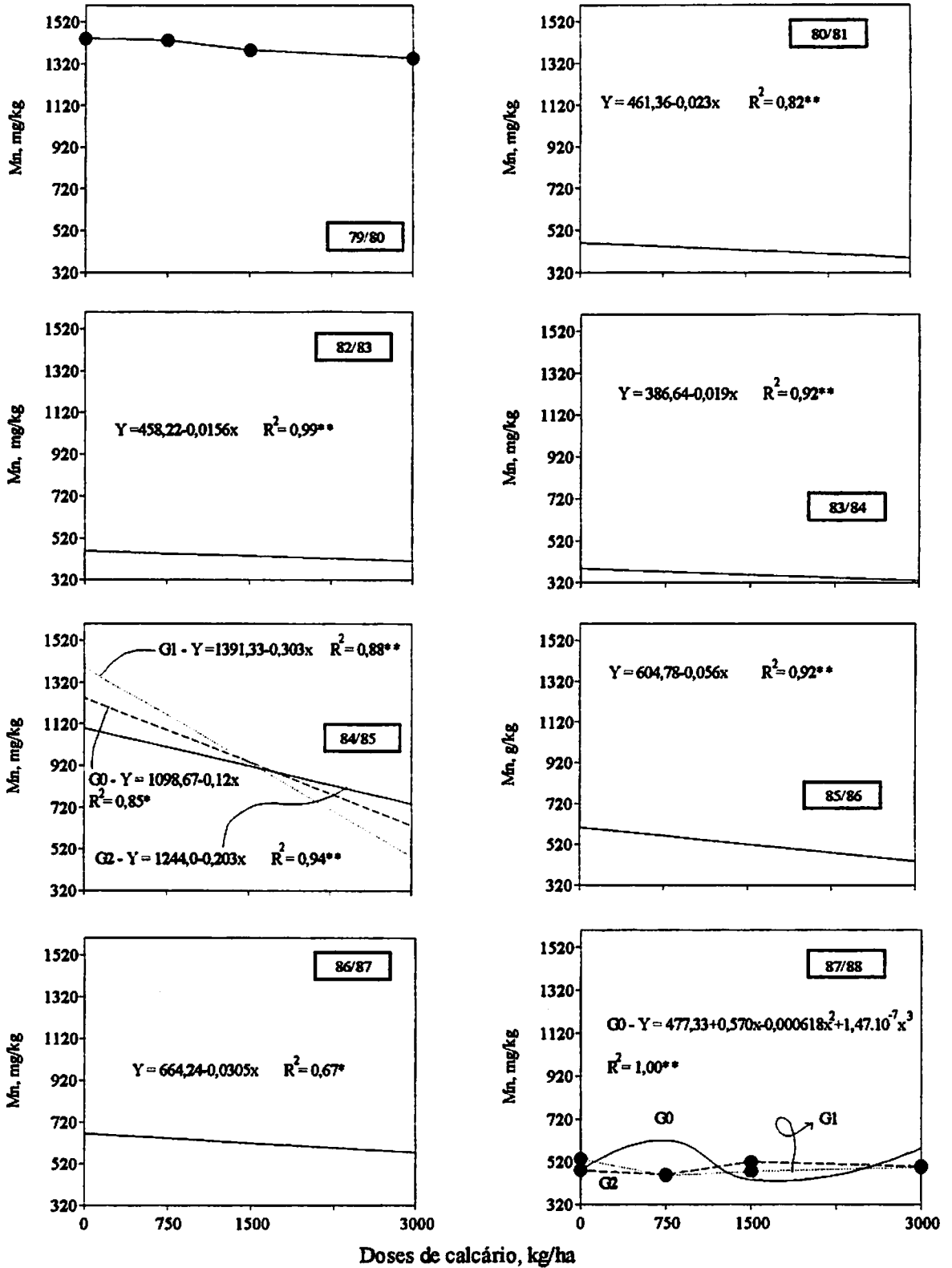


Figura 9: Efeito das doses de calcário sobre os teores foliares de Mn no cafeeiro nos diversos anos estudados.

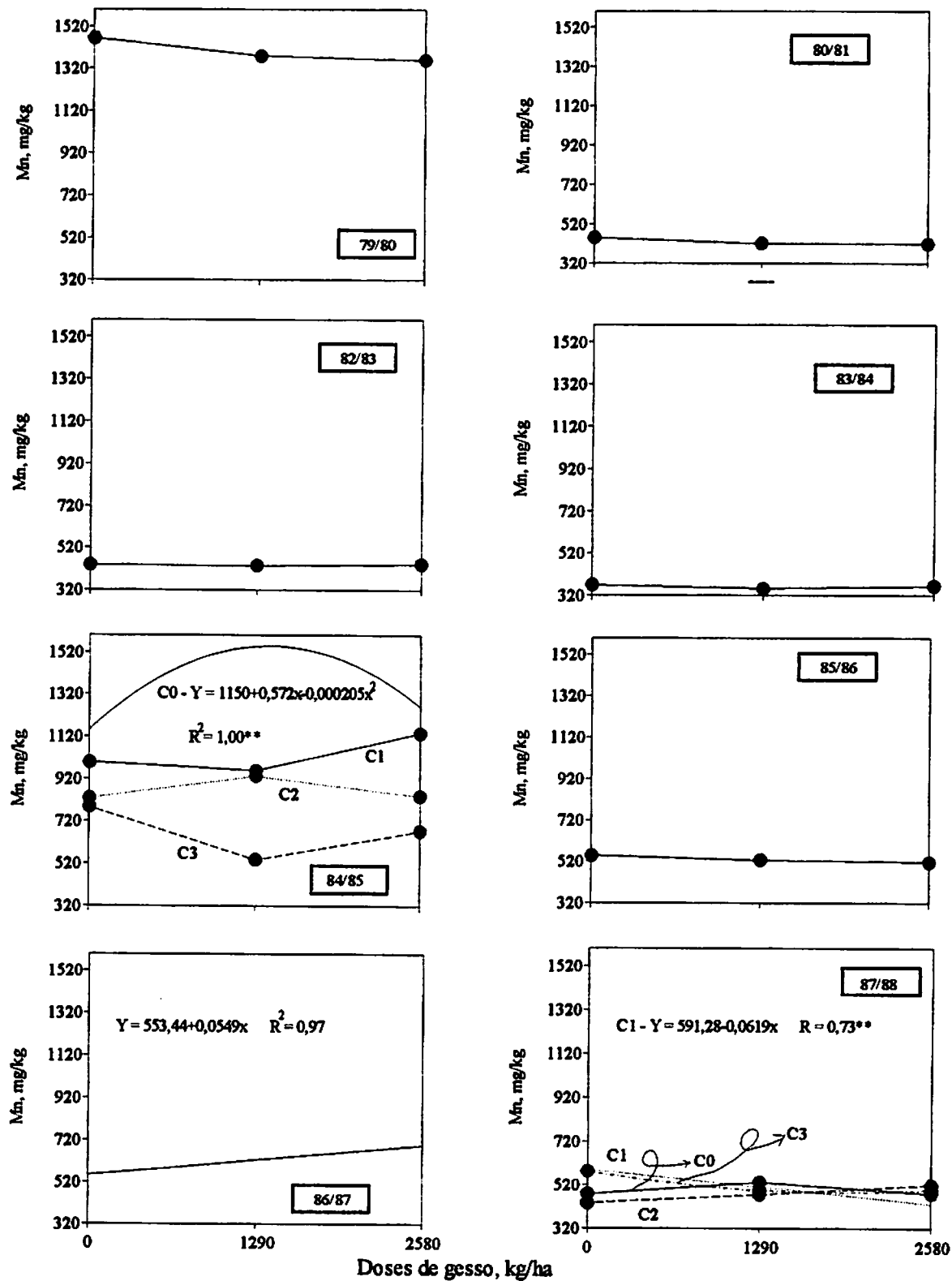


Figura 10: Efeito das doses de gesso sobre os teores foliares de Mn no cafeeiro nos diversos anos estudados.

acentuadamente estando relacionados, segundo os autores, com a acidificação do solo. Quaggio, Dechen e Rajj (1982), em amendoim, também obtiveram acentuada diminuição no teor foliar de Mn com a calagem.

4.2 Correlação entre os teores foliares de nutrientes e a produção

Como destacado em material e métodos, o efeito da calagem e da gessagem sobre a produção do cafeeiro foi mais profundamente estudada no trabalho de Silveira (1995). Aqui, a produção só será utilizada como variável para as correlações com os teores foliares de nutrientes. Mesmo assim as análises de variância da produção do cafeeiro em cada ano estudado e do total, são apresentadas na Tabela 17A do Apêndice, onde se observa efeitos significativos da calagem e da gessagem em quase todos os anos e poucas interações entre os tratamentos.

Foram realizadas correlações lineares simples entre os teores foliares de todos os nutrientes avaliados no experimento e as principais relações entre eles, com a produção de grãos em todos os anos estudados, cujos coeficientes são mostrados na Tabela 3. Observa-se que o Ca, o S e o P foram aqueles nutrientes cujos teores foliares apresentaram com maior frequência, correlações significativas com a produção, sendo para os dois primeiros positivas e para o último negativas, embora os valores dos coeficientes, de maneira geral, fossem baixos. Possivelmente, para o Ca e o S, isto foi devido às suas participações nos tratamentos de calagem e gessagem, cujas doses afetaram os seus teores foliares. Embora a calagem tenha afetado os teores foliares de Mg na maioria dos anos avaliados, a correlação entre os seus teores e a produção apresentou baixos coeficientes e, quando significativo, a correlação foi negativa.

Nos anos de alta produção foi observado melhor correlação dos teores de nutrientes nas folhas com a produção do que nos anos de baixa, expresso pelo maior número de coeficientes de correlação significativos, para todos os nutrientes e relações entre eles.

Os demais nutrientes, por não fazerem parte dos tratamentos e por terem seus teores pouco afetados pelos tratamentos (Tabelas 1A a 16A do Apêndice) não apresentaram correlações significativas dignas de destaque, como, a princípio, era de se esperar.

Na literatura é comum encontrar-se coeficientes de correlação baixos entre a produção e os teores foliares de nutrientes. Assim Gallo, Hiroce e Miranda (1968) encontraram

Tabela 3 - Coeficientes de correlação linear simples entre os teores foliares dos nutrientes (g/kg) e as principais relações entre eles e a produção (sacas beneficiadas/ha), para os diversos anos estudados.

	79/80	80/81	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87
N	0,057	-0,378*	0,336*	0,089	-0,455**	-0,073	-0,189
P	-0,317*	-0,594**	0,166	-0,482**	-0,422**	-0,264*	-0,590**
K	-0,147	-0,202	0,127	0,028	-0,396**	0,172	-0,376*
Ca	0,003	0,452**	0,869**	0,395**	0,620**	0,097	0,469**
Mg	0,174	0,477**	-0,018	-0,272*	0,247*	-0,077	0,132
S	-0,158	0,658**	0,258*	0,202	0,010	0,257*	0,502**
Mn	-0,313*	-0,521**	0,170	0,069	-0,078	-0,025	0,488**
B	-0,143	-0,128	0,392**	0,055	-0,118	-(^c)	-0,285*
Cu	-0,311*	-0,078	-0,523**	-0,065	0,180	-0,033	-0,037
Zn	-0,112	-0,238*	-0,469**	0,319*	0,158	0,029	-0,233*
Fe	-0,191	0,332*	-0,124	-0,233*	-0,049	-0,070	0,051
N/P	0,220*	-0,396**	-0,084	0,511**	0,302*	0,264*	0,493**
N/K	0,128	-0,105	0,169	0,031	0,321*	-0,216	0,258*
N/Ca	0,047	-0,596**	-0,842**	-0,367*	-0,564**	-0,114	-0,521**
N/Mg	-0,084	-0,551**	0,138	0,282*	-0,336*	0,069	-0,169
N/S	0,185	-0,751**	-0,153	-0,154	-0,182	-0,436**	-0,385*
K/P	0,072	0,032	-0,146	0,459**	-0,064	0,440**	0,249*
K/Ca	-0,089	-0,291*	-0,846**	-0,355*	-0,590**	0,033	-0,530**
K/Mg	-0,204	-0,299*	0,046	0,247*	-0,354*	0,246*	-0,241*
Ca/P	0,185	0,714**	0,715**	0,455**	0,601**	0,303*	0,561**
Ca/Mg	-0,116	-0,132	0,845**	0,498**	0,282*	0,172	0,358*
Ca/S	0,118	-0,455**	0,504**	0,051	0,226*	-0,469**	-0,248*
Mg/P	0,392**	0,732**	-0,193	0,115	0,458*	0,317*	0,502**
Mg/S	0,247*	-0,417**	-0,199	0,115	0,010	-0,440**	-0,447**
P/S	-0,024	-0,764**	-0,035	-0,296*	-0,255*	-0,460**	-0,489**
K/Sb ^(a)	-0,102	-0,299*	-0,770**	-0,275*	-0,534**	0,107	-0,463**
Ca/Sb ^(a)	0,062	0,278*	0,857**	0,342*	0,555**	-0,061	0,486**
Mg/Sb ^(a)	0,210	0,321*	-0,431**	-0,437**	0,303*	-0,272*	0,093
N/Sa ^(b)	0,229*	-0,483**	-0,216	0,096	0,037	-0,134	-0,339*
P/Sa ^(b)	-0,215	-0,432**	0,093	-0,570**	-0,304*	-0,243*	-0,563**
S/Sa ^(b)	-0,177	0,699**	0,177	0,194	0,102	0,256*	0,515**
Sb/Sa ^(a,b)	-0,085	0,100	0,581**	0,248*	0,081	0,192	0,143
N/B	0,116	-0,081	-0,294*	-0,030	0,009	-(^c)	0,369*
N/Cu	0,324*	-0,700	0,507**	0,072	-0,149	0,069	-0,018
P/Cu	0,232*	-0,291*	0,511**	-0,148	-0,280*	-0,084	-0,256*
P/Zn	-0,082	-0,054	0,441**	-0,380*	-0,379*	-0,165	-0,171
Ca/B	0,076	0,440**	0,679**	0,430**	0,210	0,097	0,420**
Ca/Mn	0,211	0,583**	0,787**	0,374*	0,261*	0,074	-0,014
Ca/Zn	0,109	0,436**	0,758**	-0,035	0,247*	0,066	0,277*
B/Zn	-0,020	0,190	0,548**	-0,330*	-0,196	-(^c)	-0,154
Cu/Zn	-0,245*	0,145	-0,031	-0,301*	0,062	-0,043	0,056
Fe/Mn	-0,002	0,490**	-0,146	-0,252*	0,031	-0,028	-0,463**
Prod. ^(d)	3,34	65,53	44,15	25,11	59,62	2,19	64,94

(^a) Sb = soma de bases, K+Ca+Mg, em g/kg; (^b) Sa = soma de ânions, N+P+S, em g/kg; (^c) B não analisado
 **,*,+, significativo a 1; 5 e 10%, respectivamente; (^d) Produção média do experimento.

coeficientes de correlação significativos entre o teor foliar de N e P e a produção de milho de 0,51 e 0,47, respectivamente. Hiroce et al. (1975) em cafeeiro, também obtiveram coeficientes de correlação baixos entre os teores de N, K, Ca e Mg e a produção. No trabalho destes autores apenas o teor de N esteve correlacionado significativamente com a produção. No trabalho de DalBó et al. (1986) com diferentes fontes de cálcio para cana de açúcar, o Mg apresentou coeficiente de correlação significativo e positivo com a produção. Os demais nutrientes apresentaram baixo coeficientes de correlação. Rosolem e Machado (1984) estudando calagem e gessagem para o algodoeiro em dois solos, obtiveram coeficientes completamente diferentes para cada solo, sendo os valores encontrados bastante inconsistentes.

Quanto ao equilíbrio nutricional, observa-se na Tabela 3 um maior número de coeficientes de correlação significativos entre as relações dos nutrientes com a produção, para as relações das quais o Ca participa; também, possivelmente, devido a sua participação nos tratamentos de calagem e gessagem, bem como à sua interação com o K e o Mg. Isto é bem evidenciado nas relações do Ca, Mg e K com a soma de bases ($Sb=Ca+Mg+K$). Os coeficientes para a relação K/Sb foram, de maneira geral, negativos e significativos, indicando que houve um desequilíbrio nutricional entre eles para o cafeeiro, com teor excessivo de K em relação ao Ca e Mg. As relações Ca/Sb e K/Ca dão suporte a esta hipótese, pois mostram que quanto maior a participação do Ca nas relações maiores são as produções. Estes dados mostram a importância do equilíbrio nutricional na produção do cafeeiro, principalmente dos macronutrientes catiônicos. Deve-se ressaltar que os coeficientes de correlação foram obtidos entre os dados de todos os tratamentos, o que, certamente, traz um certo mascaramento dos resultados. No entanto, foi verificado e discutido nas Figuras 1 e 2, 5 e 6, que o teor foliar de Ca diminuiu e o K aumentou, respectivamente, com a sucessão dos anos avaliados, em todos os tratamentos. A Figura 11 que envolve além dos teores foliares de Ca e K também a produção, mostra que nos anos de maior produção de grãos, houve uma tendência de estreitamento dos teores entre esses dois nutrientes, no tratamento de maior produção total (C_3G_1), o que não foi observado no tratamento de menor produção total (C_0G_0).

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura onde se estudou a correlação entre os teores foliares de nutrientes e a produção, em experimentos envolvendo calagem e gessagem. Rosolem e Machado (1984), estudando calagem e gessagem em algodoeiro em dois

solos, obtiveram, no LE, correlações positivas e negativas entre os teores foliares de K e Ca e a produção do algodoeiro, respectivamente. No LR teores foliares dos nutrientes não se correlacionaram com a produção. No LE a relação Ca/K se correlacionou positiva e significativamente com a produção, tendo os autores presumido que tenha ocorrido uma deficiência de K, exatamente o inverso do que ocorreu no presente trabalho.

Como mostra a Tabela 17A do Apêndice, houve interação significativa entre o calcário e o gesso ao nível de 10% de probabilidade, para a produção total acumulada do cafeeiro, no período estudado. O desdobramento da interação é mostrado na Figura 12. Pela análise da figura, admitiu-se que a combinação da dose C₃ de calcário com a G₁ de gesso foi a mais adequada. Embora a produção do tratamento C₂G₂ tenha sido igual à do tratamento C₃G₁, recomendar-se-ia a combinação C₃G₁, com a aplicação de maior dose de calcário e menor de gesso, evitando desequilíbrios nutricionais do Ca com o Mg e promovendo maior elevação do pH, reduzindo os teores foliares de Mn. Já que foram observados nos tratamentos com menos calcário teores foliares de Mg muito baixos e de Mn muito altos.

4.3 Estado nutricional do cafeeiro e produção

Procurou-se, aqui, encontrar diferenças nos teores foliares de nutrientes, e em suas relações, entre plantas muito produtivas e plantas menos produtivas, que justificassem a obtenção de altas produtividades no cafeeiro. Para tanto, tomou-se os teores foliares dos nutrientes e as relações entre eles, nos anos de alta produção (80/81, 82/83, 84/85, 86/87), nos tratamentos que apresentaram a maior e a menor produção total, C₃G₁ e C₀G₀, respectivamente, para comparações entre si e com os valores tidos como adequados por Malavolta, Fernandes e Romero (1993), cujos resultados estão na Tabela 4.

Os teores foliares de Ca, Mg, K, S e Mn, conforme já visto, foram os mais afetados pelos tratamentos, e seu comportamento frente à aplicação dos corretivos já foi discutido. Verifica-se que, embora apenas o Ca tivesse apresentado correlação positiva e significativa com a produção de forma consistente (Tabela 3), também o Mg e o S estiveram invariavelmente com teores foliares mais elevados no tratamento C₃G₁, em relação ao C₀G₀, embora o Mg estivesse sempre abaixo da faixa crítica. O S esteve dentro da faixa crítica apenas nos anos 80/81 e 84/85 no

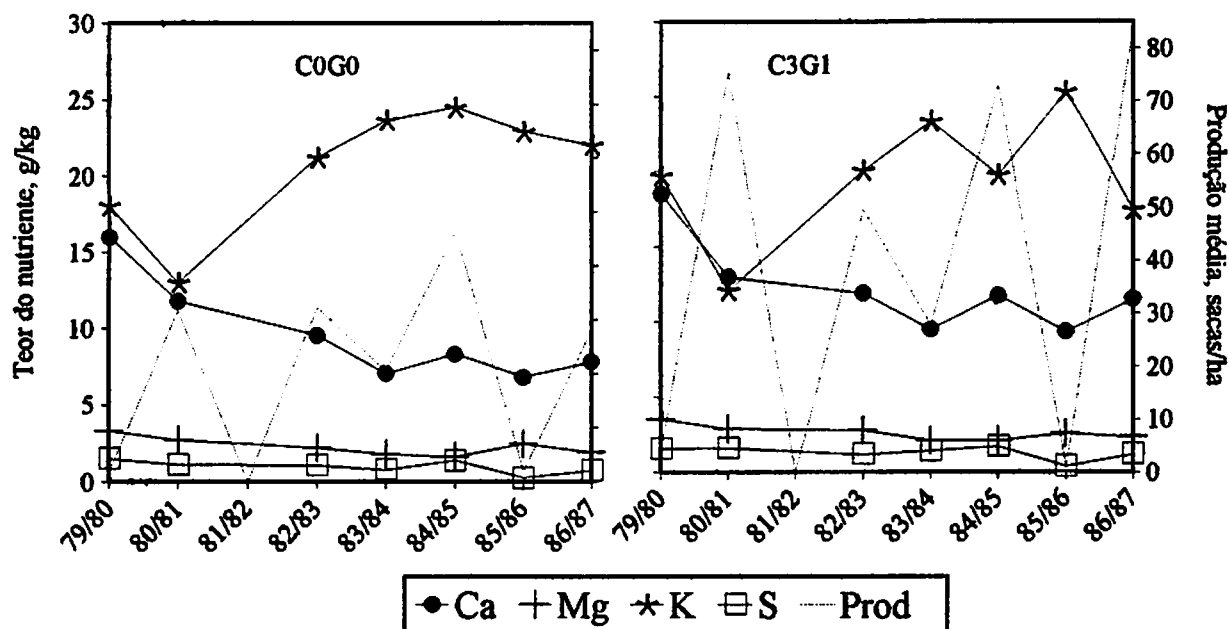


Figura 11: Teores foliares de Ca, Mg, K, S e Mn, em g/kg, e produção do cafeeiro, em sacas beneficiadas/ha, nos anos estudados, nos tratamentos que apresentaram a menor (C_0G_0) e a maior (C_3G_1) produção total.

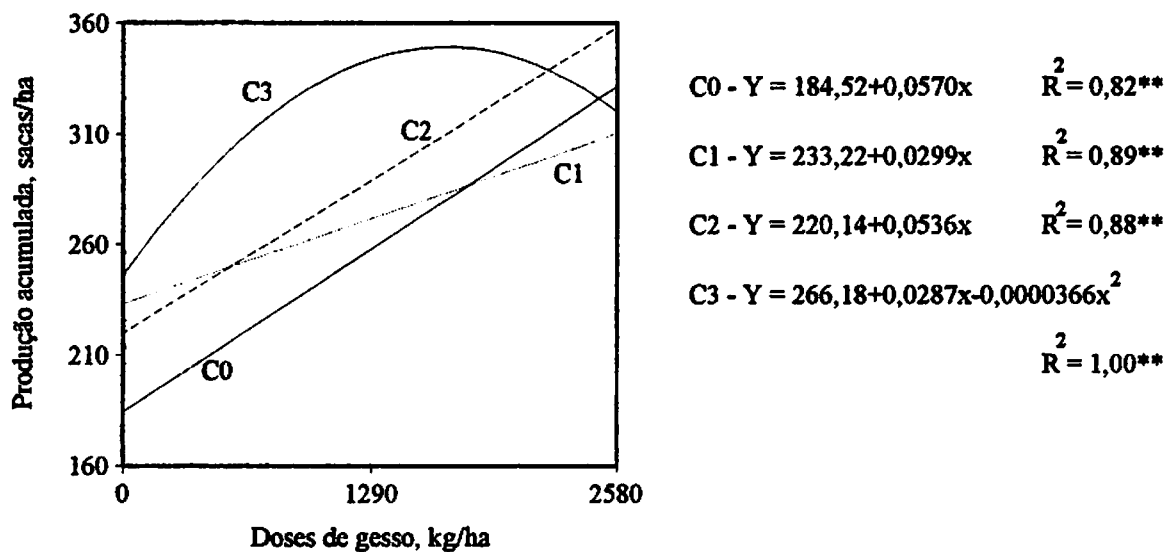


Figura 12: Produção total acumulada do cafeeiro, em sacas beneficiadas/ha, no período estudado, em função das doses de gesso e de calcário.

tratamento C_3G_1 , nos outros anos seus teores foram mais baixos, porém próximos ao ideal. No tratamento C_0G_0 o teor foliar de S nunca atingiu a faixa crítica. O teor foliar de Mn, embora sempre muito acima do considerado excessivo por Malavolta, Fernandes e Romero (1993) diferiu muito entre os dois tratamentos sendo sempre bastante superior no C_0G_0 . Por outro lado nunca foi atingido o teor de 1200mg/kg, considerado tóxico para cafeeiro Catuaí por Pavan e Bingham (1982). O teor foliar de K foi sempre inferior no tratamento C_3G_1 , e esteve abaixo do ideal, neste tratamento, nos anos de 80/81 e 86/87 o que está de acordo com os coeficientes de correlação negativos encontrados entre seus teores foliares e a produção (Tabela 3).

O teor foliar de Zn esteve muito acima da faixa crítica nos anos 80/81 e 82/83 em ambos os tratamentos. No ano de 86/87 o teor encontrado no tratamento C_0G_0 foi muito superior ao nível excessivo, segundo Malavolta, Fernandes e Romero (1993) e também ao encontrado nas plantas do tratamento C_3G_1 , que estiveram dentro da faixa crítica. Já é bem conhecido o efeito do pH na disponibilidade do Zn no solo (Vale, Guilherme e Guedes, 1993), e, neste experimento, o calcário aumentou o pH do solo (Silveira, 1995), o que pode explicar o comportamento do Zn. A concentração de P nas folhas do cafeeiro do tratamento C_3G_1 foi sempre inferior às do tratamento C_0G_0 . De fato, o P foi um nutriente que apresentou, consistentemente, correlações significativas e negativas com a produção, neste estudo (Tabela 3). Os nutrientes N, B, Cu e Fe não apresentaram diferenças marcantes entre os dois tratamentos que justificassem as diferenças encontradas na produção. O Cu apresentou teores foliares muitas vezes superiores aos adequados, provavelmente, devido ao controle fitossanitário com defensivos a base de cobre, mas com pequenas diferenças entre os tratamentos.

Quanto às relações entre os macronutrientes verifica-se que as relações N/Ca, N/Mg, N/S, K/Ca, K/Mg e P/S sempre foram menores nas folhas das plantas do tratamento mais produtivo (C_3G_1), sendo que a relação N/S, deste tratamento, se aproximou mais da considerada adequada do que a do tratamento C_0G_0 . Os coeficientes de correlação (Tabela 3) das relações N/Mg e K/Mg, foram inconsistentes, se mostrando positivos em alguns anos e negativos em outros, não corroborando com este comportamento. As relações Ca/P e Mg/P, que apresentaram correlação positiva com a produção (Tabela 3) foram maiores nas folhas das plantas do tratamento C_3G_1 em todos os anos, refletindo os maiores teores de Ca e Mg e os menores

Tabela 4: Teores foliares dos macronutrientes, em g/kg, micronutrientes, em mg/kg, e algumas relações entre eles, (g/kg)/(g/kg), em anos de alta produção nos tratamentos que apresentaram a menor (C₀G₀) e a maior (C₃G₁) produção total (oito colheitas).

nutriente/ relação	80/81		82/83		84/85		86/87		Malavolta et al. (1993)
	C ₀ G ₀	C ₃ G ₁	C ₀ G ₀	C ₃ G ₁	C ₀ G ₀	C ₃ G ₁	C ₀ G ₀	C ₃ G ₁	
N	30,60	30,77	32,87	31,87	32,70	30,10	28,50	25,93	27-32
P	1,55	1,45	1,99	1,79	1,83	1,33	1,37	1,13	1,5-2,0
K	13,03	12,05	21,20	20,03	24,50	19,73	23,30	16,43	19-24
Ca	11,77	13,00	9,60	11,90	8,37	11,77	7,03	12,60	10-14
Mg	2,30	2,86	2,20	2,75	1,59	2,10	1,80	2,20	3,1-3,6
S	1,10	1,57	1,07	1,17	1,37	1,70	0,67	1,27	1,5-2,0
B	57,33	52,47	34,13	37,47	26,13	48,27	87,47	72,00	59-80
Cu	268,00	268,33	62,00	62,67	66,00	66,67	58,00	43,67	8-16
Fe	179,67	200,33	64,67	89,33	89,00	95,33	69,67	77,00	90-180
Mn	512,67	388,67	449,33	393,67	1150,00	536,67	472,00	442,00	120-210
Zn	46,67	40,00	38,31	33,48	16,53	14,07	90,63	13,00	8-16
N/P	21,93	21,39	16,57	17,78	17,84	22,71	20,96	22,89	16-18
N/K	3,06	2,74	1,55	1,60	1,34	1,75	1,23	1,59	1,3-1,4
N/Ca	2,92	2,38	3,46	2,72	4,21	2,58	4,07	2,15	2,3-2,7 ^(d)
N/Mg	15,02	10,89	14,99	11,61	21,16	14,40	15,83	11,79	8,7-8,9 ^(d)
N/S	30,88	19,94	30,89	27,31	24,46	17,77	43,60	21,11	16-18
K/P	8,35	8,56	10,68	11,20	13,39	14,46	17,17	14,47	12,0-12,7 ^(d)
K/Ca	1,10	0,96	2,24	1,72	3,11	1,73	3,34	1,38	1,7-2,1
K/Mg	5,57	4,36	9,67	7,33	15,76	9,49	12,94	7,47	6,1-6,6
Ca/P	7,61	9,01	4,85	6,61	4,63	8,98	5,15	11,22	6,7-7,0 ^(d)
Ca/Mg	5,13	4,59	4,37	4,33	5,19	5,62	3,91	5,73	3,2-3,9 ^(d)
Ca/S	10,83	8,37	8,99	10,17	6,30	7,02	10,65	9,90	6,7-7,0 ^(d)
Mg/P	1,49	1,97	1,11	1,54	0,88	1,59	1,32	1,94	1,8-2,1 ^(d)
Mg/S	2,12	1,84	2,07	2,36	1,20	1,24	2,75	1,78	1,8-2,1 ^(d)
P/S	1,41	0,93	1,87	1,53	1,37	0,78	2,07	0,92	1,00 ^(d)
K/Sb ^(a)	0,463	0,426	0,643	0,579	0,714	0,568	0,725	0,528	
Ca/Sb ^(a)	0,449	0,470	0,291	0,342	0,240	0,367	0,219	0,402	
Mg/Sb ^(a)	0,087	0,104	0,067	0,080	0,046	0,065	0,056	0,070	
N/Sa ^(b)	0,928	0,911	0,915	0,915	0,911	0,909	0,933	0,915	
P/Sa ^(b)	0,042	0,043	0,055	0,051	0,051	0,040	0,045	0,040	
S/Sa ^(b)	0,030	0,046	0,030	0,034	0,038	0,051	0,022	0,045	
Sb/Sa ^(a,b)	0,746	0,829	0,919	0,996	0,965	1,008	1,052	1,104	
N/B	591,77	586,03	972,22	865,97	1762,4	643,44	406,23	553,47	400-457
N/Cu	127,93	115,61	543,68	521,36	509,76	478,98	498,84	618,97	2000-3375
P/Cu	5,87	5,53	32,783	29,27	28,55	21,34	24,17	27,09	125-187
P/Zn	33,47	38,64	52,084	53,82	119,81	95,50	47,33	90,58	125-187
Ca/B	205,30	247,76	281,28	317,59	320,32	243,84	80,37	175,00	169-175
Ca/Mn	22,94	33,66	21,338	30,32	7,23	22,85	15,21	30,01	66-75
Ca/Zn	252,20	325,00	250,59	355,44	506,35	836,53	77,57	969,23	875-1250
B/Zn	1,25	1,36	0,9	1,12	1,50	3,43	1,66	5,21	5-7,3
Cu/Zn	5,88	6,86	1,61	1,89	4,11	4,75	1,62	3,35	1
Fe/Mn	0,35	0,52	0,14	0,23	0,08	0,19	0,15	0,18	0,73-0,85
Prod. ^(c)	31,69	75,26	32,28	49,56	46,33	72,83	31,87	80,69	

^(a) Sb = soma de bases, K+Ca+Mg, em g/kg; ^(b) Sa = soma de ânions, N+P+S, em g/kg; ^(c) Produção no ano em referência, em sacas beneficiadas/ha; ^(d) valores obtidos relacionando-se os teores mínimos e máximos da faixa crítica dos autores citados.

teores de P encontrados nessas plantas em relação às do tratamento C_0G_0 . A vantagem do uso da relação fica evidente nesse caso, dados os maiores, e mais consistentes, coeficientes de correlação encontrados para as relações (Tabela 3).

Procurando avaliar o equilíbrio entre os cátions e ânions macronutrientes, criou-se relações envolvendo os nutrientes combinados. A relação K/Sb foi sempre menor nas folhas das plantas mais produtivas, corroborando com a relação K/Ca e K/Mg, o que, aliado à correlação negativa obtida entre o valor desta relação e a produção (Tabela 3), mostra que houve um excesso de potássio em relação ao cálcio e o magnésio, nesse estudo. As relações Ca/Sb e Mg/Sb, maiores nas folhas das plantas mais produtivas, confirmam essa hipótese. A relação P/Sa se correlacionou negativa e significativamente com a produção (Tabela 3) e, de fato, seus valores foram inferiores nas folhas das plantas mais produtivas, exceto no ano de 80/81, mas seus valores foram apenas um pouco diferentes entre as plantas dos dois tratamentos analisados. A relação S/Sa foi maior nas plantas do tratamento C_3G_1 concordando com os teores de S. A soma dos cátions dividida pela soma dos ânions macronutrientes (Sb/Sa) foi sempre superior para as plantas mais produtivas.

As relações envolvendo o Cu se mostraram muito diferentes das citadas por Malavolta, Fernandes e Romero (1993), em função do teor de Cu muito alto encontrado nas folhas das plantas em ambos os tratamentos. As relações Ca/Mn e Fe/Mn, com valores muito inferiores aos tidos como adequado por aqueles autores, e com valores maiores nas folhas das plantas mais produtivas revelam os altíssimos teores foliares de Mn encontrados neste estudo. A relação Ca/Mn se mostrou consistente, apresentando coeficientes de correlação positivos e significativos (Tabela 3) e valores muito superiores nas plantas do tratamento mais produtivo (Tabela 4).

5 CONCLUSÕES

A aplicação do calcário e do gesso influenciou de maneira consistente na nutrição do cafeeiro em Ca, Mg, K, S e Mn. Com a sucessão das colheitas os teores foliares dos nutrientes aplicados pelos tratamentos - Ca, Mg e S - diminuíram a valores abaixo da faixa crítica. Isso indica a necessidade de aplicações periódicas desses nutrientes.

A aplicação anual de K na adubação de manutenção promoveu um desequilíbrio com o Ca e o Mg com a sucessão das colheitas.

O monitoramento periódico desses nutrientes no solo através da análise química é necessário visando uma correta aplicação de K e uma avaliação das necessidades de aplicações mais frequentes de calcário como fonte de Ca e Mg.

Os nutrientes cujos teores foliares se correlacionaram melhor com a produção foram o Ca, o S e o P, os dois primeiros positivamente e o último negativamente. As relações entre os teores foliares dos nutrientes se correlacionaram melhor com a produção do que os seus teores isoladamente.

Os dados de produção total e de nutrição do cafeeiro indicam que a combinação da dose maior de calcário com a dose intermediária de gesso foi a mais adequada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p. 9-13, jun. 1986.
- BARTI, P.E.; ALBUQUERQUE, P.C. de. Alternativas para reciclagem industrial do fosfogesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 67-81.
- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan./Feb. 1965.
- BOLIVAR, G.B. Efeitos de calcário, gesso e superfosfato triplo sobre a movimentação de cálcio, magnésio, enxofre e fósforo e o crescimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 136p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- BREMNER, J.M.; EDWARDS, H.L. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.29, n.51, p.504-507, Sept./Oct. 1965.
- CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P. de. A composição química do cafeeiro. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.33, n.1, p.45-52, 1958.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.5, p.573-82, 1984.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3ª aproximação**. Belo Horizonte, 1978. 80p.

- 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. II. Respostas da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.231-234, 1986.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.
- FLEMING, A.L., FOY, C.D., Root structure reflect differential aluminium tolerance in wheat variety. **Agronomy Journal**, Madison, v.60, p.172-176, 1968.
- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plant. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.29, p.511-548, 1978.
- FREIRE, F.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.H.; MELLES, C.C.A. **Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 20p. (Boletim técnico, 11).
- FREITAS, L.M.M. de; GOMES, F.P.; LOTT, W.L. Effect of sulphur fertilizer on coffee. **The Sulphur Institute Journal**, Washignton, v.8, n.3, p.9-12, 1972.
- FURLANI, A.M.C.; CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P. de, FRANCO, C.M. Efeito da aplicação de cloreto e de sulfato de potássio na nutrição do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.29, p.349-364, out.1976.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.A.P. de. Levantamento do estado nutricional de cafezais do Estado de São Paulo pela análise química foliar. II. Solos podzolizados de Lins e Marília, Podzólico Vermelho-Amarelo - Orto. **Bragantia**, Campinas, v.26, n.7, p.237-274, 1970.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; MIRANDA, A. A análise foliar na nutrição do milho. I - Correlações entre análise de folhas e produção. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.15, p.177-186, abr. 1968.
- GARCIA, A.W.R. Calagem para o cafeeiro. In: RAIJ, B.van.; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. da, (coord.) **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.309-319.
- GARCIA, A.W.R.; MARTINS,M.; FIORAVANTE, N. Modo de aplicação de calcário na formação do cafezal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p. 55-56.

- GLASS, A.D.M. **Plant nutrition**. Boston: Jones and Bartlett, 1989. 98p.
- GUIMARÃES, P.T.G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.175-190.
- GUIMARÃES, P.T.G.; LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**, 1984. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.115 - 156.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P. de; GALLO, J.R.; NERY, C.; LAUN, C.R.P. Relações entre os teores de macronutrientes, boro e zinco das folhas de cafeeiro e as produções. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.27, n.4, p.390-399, abr. 1975.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; SOARES, E.; FURLANI, A.M.C.; MORAES, F.R.P. de. Efeito residual da adubação mineral e orgânica na composição química do solo e na composição de folhas de cafeeiro cultivado em Mococa. **Bragantia**, Campinas, v.35, p.169-175, dez. 1977.
- HOFFMANN, C.R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A.; ENVANGELISTA, A.R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.19, v.1, p.79-86, 1995.
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: YAMADA, T. (ed) **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1983. p.27-54.
- LEITE, R. de A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar**. Viçosa: UFV, 1993. 87p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LIAO, C.F.H. Devard's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, n.5, p.852-855, Sept./Oct. 1981.
- LIM, K.L.; SHEN, T.C. Lime and P applications and their residual effects on corn yields. **Agronomy Journal**, Madison. v.70, p.927-932, Nov./Dec. 1978
- LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo**. Piracicaba, POTAFOS, 1984. 162p.
- LOPES, A.S. Calagem e gesso agrícola. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE GESSO AGRÍCOLA, Belo Horizonte, 1986. **Resumos...** Belo Horizonte, 1986. 58p.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 215p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**, 1984. *Anais...* Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.136-274.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P.; MORAIS, R.S.; NOGUEIRA, F.D. Calcium problems in Latin America. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Nova Iorque, v.10, n.1-2, p.29-40, 1979.
- MALAVOLTA, E; FERNANDES, D.R.; ROMERO, J.P. Seja o doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. v.64. (Encarte).
- MALAVOLTA, E; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMES, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". **Turrialba**, v.13, n.3, p.188-189, 1963.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MATIELLO, J.B. Fatores que afetam a produtividade do café no Brasil. IN: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**, 1984. *Anais...* Piracicaba, POTAFOS, 1986. p.1-11.
- MORAES, F.R.P. de; GALLO, J.R.; IGUE, T.; FIGUEIREDO, J.F. de. Efeito de três fertilizantes acidificantes sobre a concentração de alumínio e manganês em folhas e raízes de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas. v.39, n.2, p.7-17, jan. 1987.
- MUNSON, R.D. **Potassium, calcium and magnesium in the tropics and subtropics**. International Fertilizers Development Center (IFDC), 1982. 62p. (Technical bulletin, T-23).
- NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R.; ABRAMIDES, E.; GALLO, J.R. Relação entre os nutrientes dosados nas folhas de cafeeiro. **Bragantia**, Campinas. v.33, p.131-134, dez. 1974.
- PAVAN; M.A.; BINGHAM, F.T. Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, n.5, p.993-997, Sept./Oct.1982.

- PAVAN, M.A.; VOLKWEISS, S.J. Efeitos do gesso nas relações solo - planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. Anais...Brasília: EMBRAPA, 1986. p.107 - 118.
- PEREIRA, J.E.; MIGUEL, A.E.; OLIVEIRA, J.A. de. Efeitos de sete calcários na formação e primeira safra do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, São Lourenço, 1981. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.232-3.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11.ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.
- PIMENTEL GOMES, F. A estatística é como o biquini. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: POTAFOS, v.40, p.4-5, dez. 1987.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p.189-194, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.6, p.113-118, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, p.375-83, 1993.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.
- RAMOS, W.J.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; IGUE, T.; TANAKA, R.T.; Acúmulo de massa seca e teores de elementos químicos em três cultivos de soja em função da correção da acidez do solo de Itararé (SP). **Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p.223-239, 1989.
- REIS, G.N.; MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R. Doses, modo de aplicação do calcário na formação do cafeeiro na região do planalto de Vitória da Conquista (BA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1, Rio de Janeiro, 1975. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1975. p.69-71.

- RESENDE, M.; RESENDE, S.B. de; HARA, T.; GUIMARÃES, P.T.G. Levantamento de reconhecimento dos solos de bases físicas de Ponte Nova e São Sebastião do Paraíso, estado de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto café: relatório anual 1973/1974**, Belo Horizonte, 1974. p.268-72.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORRÊA, O. Calcium leaching to increasing rooting depth in a Brazilian savannah oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.97-102, 1984.
- SANTINATO, R.; SILVA, O.A.; BARROS, U.V. Doses crescentes, modo e parcelamento da calagem dolomítica na formação do cafeeiro em solo LVE cerrado - Patrocínio, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambu, MG, 1991. **Resumos...** Varginha, MG: MARA/SNPA/EMBRAPA, 1985. p.108-109.
- SILVEIRA, D.A. **Calagem e gessagem em cafeeiro (*Coffea arabica* L.): produção, características químicas do solo e desenvolvimento do sistema radicular**. Lavras: UFLA, 1995. 87p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SOUZA, D.M.G. de; REIN, T.A.; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.139-158.
- SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H. BOUTON, J.; HAMMEL, J.E. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, p.1254-1278, 1986.
- VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.de A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.
- VIANA, A.S., CORRÊA, J.B; ANDRADE, P.C. Efeitos de fontes de P e níveis de fósforo no plantio e condução de cafeeiro Catuaí em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 14, Campinas, 1987. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1987. p. 236-240.

- VIANA, A.S.; MATA, J.M.; FIORAVANTE, N. Estudo de níveis de saturação de bases (V%) e modo de calagem e gessagem na formação e condução do cafeeiro em LEd, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 16, Espírito Santo do Pinhal - SP, 1990. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1990. p. 135-9.
- VICENTE-CHANDLER, J; ABRUÑA, F.; BOSQUE-LUGO, R; SILVA,S. **Intensive coffee culture in Puerto Rico**. Rio Piedras: University of Puerto Rico, 1968. 83p. (Boletín, 211).
- WOOLHOUSE, H.W. Toxicity and tolerance in the responses of plants to metals. In: LANGE O.L. et al. **Encyclopedia of plant physiology**, Spriber-Verlag, 1983. v.12C, cap. 7, p.246-300
- ZAROSKI, R.J.; BURAU, R.G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for mult-element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, n.5, p.425-436, 1977.

APÊNDICE

Tabela 1A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 79/80.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	20,2441**	0,01032 ^{ns}	2,59000 ^{ns}	9,72917*	0,03435 ^{ns}	0,00333 ^{ns}
gesso	2	5,6108 ^{ns}	0,00148 ^{ns}	2,10083 ^{ns}	5,81250 ^{ns}	0,02333 ^{ns}	0,02694 ^{ns}
bloco	2	6,9775	0,00751	14,42555	1,31250	0,00583	0,02778
cal x ges	6	6,7694 ^{ns}	0,00425 ^{ns}	1,74750 ^{ns}	1,47917 ^{ns}	0,04852 ^{ns}	0,03250 ^{ns}
resíduo	22	3,3184	0,00812	2,49189	2,60795	0,06250	0,03778
média		33,75	1,31	18,95	17,38	3,44	1,56111
c.v.(%)		5,40	6,89	8,33	9,29	7,26	12,45

Tabela 2A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 79/80.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	17,1895 ^{ns}	8,4390 ^{ns}	4055,139 ^{ns}	17546,7 ^{ns}	1,8027 ^{ns}
gesso	2	0,44828 ^{ns}	8,4390 ^{ns}	9724,776 ^{ns}	36136,1 ^{ns}	2,4336 ^{ns}
bloco	2	13,2376	59,0732	7080,111	659459,0	2,4336
cal x ges	6	19,6033 ^{ns}	12,1897 ^{ns}	12759,89 ^{ns}	24330,6 ^{ns}	2,0731 ^{ns}
resíduo	22	20,0121	8,9505	13918,08	29842,7	3,6135
média		45,47	14,04	385,14	1401,25	15,08
c.v.(%)		9,84	21,31	30,63	12,33	12,61

Tabela 3A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 80/81.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	1,6093 ^{ns}	0,02087 ⁺	20,4732 ^{ns}	1,69731 ^{ns}	0,28227*	0,05657 ^{ns}
gesso	2	6,6753 ^{ns}	0,20701**	0,91254 ^{ns}	2,18583 ^{ns}	0,05841 ^{ns}	0,44778**
bloco	2	0,4744	0,07738	42,58545	4,65083	0,00986	0,03694
cal x ges	6	2,7312 ^{ns}	0,01593 ⁺	2,11720 ^{ns}	0,40953 ^{ns}	0,04315 ^{ns}	0,06407 ^{ns}
resíduo	22	4,0263	0,00699	11,71765	0,98023	0,08634	0,03270
média		31,67	1,34	11,75	12,34	2,62	1,51
c.v.(%)		6,34	6,23	29,12	8,02	11,22	11,95

Tabela 4A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 80/81.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	30,6352 ^{ns}	71,8889 ^{ns}	1017,185 ⁺	9612,74 ^{**}	17,5926 ^{ns}
gesso	2	9,67000 ^{ns}	691,361 ^{ns}	761,194 ^{ns}	3725,08 ^{ns}	202,778 ^{**}
bloco	2	161,3732	3655,028	1269,361	1873,08	302,778
cal x ges	6	25,5307 ^{ns}	1710,088 ^{ns}	408,491 ^{ns}	1057,60 ^{ns}	39,8148 ^{ns}
resíduo	22	20,6970	1707,088	347,876	1710,81	30,0505
média		52,65	279,39	201,44	431,00	41,94
c.v.(%)		8,64	14,79	9,61	9,60	13,07

Tabela 5A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 82/83

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	1,91185 ^{ns}	0,05591 ^{ns}	2,18620 [*]	0,70565 ^{ns}	0,23770 ^{**}	0,04250 ^{ns}
gesso	2	0,38583 ^{ns}	0,20808 ⁺	3,63361 ^{**}	6,73531 ^{**}	0,06752 ^{ns}	0,10111 [*]
bloco	2	3,15583 ⁺	0,14901	0,80111	33,6724	0,14901	0,10111
cal x ges	6	0,97768 ^{ns}	0,04226 ^{ns}	0,80398 ^{ns}	0,49136 ^{ns}	0,05314 ^{ns}	0,02889 ^{ns}
resíduo	22	0,92159	1,60624	0,520808	1,13718	0,03148	0,02960
média		31,83	1,80	20,85	11,02	2,37	1,18
c.v.(%)		3,02	15,05	3,46	9,67	7,48	14,57

Tabela 6A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 82/83.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	12,5374 ^{ns}	69,5093 ^{ns}	465,259 ^{ns}	3601,29 ^{**}	25,4251 ^{ns}
gesso	2	8,0811 ^{ns}	40,5833 ^{ns}	401,583 ^{ns}	129,361 ^{ns}	25,2925 ^{ns}
bloco	2	86,1378	1434,25	2980,75	1053,36	329,827
cal x ges	6	6,4885 ^{ns}	134,843 ^{ns}	404,287 ^{ns}	369,40 ^{ns}	18,6163 ^{ns}
resíduo	22	15,3547	93,068	445,901	394,63	54,2362
média		35,24	62,92	64,67	437,81	33,45
c.v.(%)		11,12	15,33	32,65	4,54	22,02

Tabela 7A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 83/84

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	3,1711 ^{ns}	0,01785 ^{ns}	2,73481 ^{ns}	4,90546 [†]	0,05506 ^{ns}	0,02111 ^{ns}
gesso	2	1,6158 ^{ns}	0,02028 ^{ns}	2,01083 ^{ns}	2,07750 ^{ns}	0,04505 ^{ns}	0,72750 ^{**}
bloco	2	1,5108	0,14114	3,19083	9,62583	0,14245	0,03083
cal x ges	6	0,9125 ^{ns}	0,01829 ^{ns}	0,55676 ^{ns}	1,84602 ^{ns}	0,13049 ^{ns}	0,06417 ^{ns}
resíduo	22	2,0635	0,02079	2,5533	1,28220	0,03010	0,04114
média		35,03	2,06	24,03	8,39	1,94	1,32
c.v.(%)		4,10	7,00	6,65	13,49	8,93	15,40

Tabela 8A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 83/84

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	13,2519 ^{ns}	10,5926 ^{ns}	174,769 ^{ns}	5803,89 ^{**}	0,0599 ^{ns}
gesso	2	35,6745 [†]	27,7500 ^{ns}	1350,58 [†]	739,36 ^{ns}	9,7162 ^{ns}
bloco	2	64,7078	265,583	618,58	4304,69	175,439
cal x ges	6	13,1663 ^{ns}	101,565 ^{ns}	118,769 ^{ns}	864,03 ^{ns}	5,7227 ^{ns}
resíduo	22	7,8241	81,0076	456,068	1046,79	8,9972
média		35,14	44,33	88,92	361,72	13,44
c.v.(%)		7,96	20,30	24,02	8,94	22,32

Tabela 9A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 84/85.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	2,12630 ^{ns}	0,07280 [†]	33,3930 [†]	4,51778 [†]	0,32630 ^{**}	0,28185 [†]
gesso	2	3,09251 ^{ns}	0,29098 ^{**}	0,12028 ^{ns}	4,97445 [†]	0,03583 ^{ns}	1,13528 ^{**}
bloco	2	18,8400	0,03821	26,9670	10,31445	0,00083	0,46361
cal x ges	6	0,59213 ^{ns}	0,02804 ^{ns}	9,80880 ^{ns}	0,98222 ^{ns}	0,07324 ^{ns}	0,06824 ^{ns}
resíduo	22	1,39152	0,01782	13,1333	1,52535	0,03902	0,09119
média		31,65	1,45	23,99	10,42	1,72	1,59
c.v.(%)		3,73	9,21	15,10	11,85	11,51	18,94

Tabela 10A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 84/85.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	753,869 [*]	435,926 ^{ns}	50,2500 ^{ns}	68617,8 ^{**}	7,2781 ^{ns}
gesso	2	15,0933 ^{ns}	24,6944 ^{ns}	299,195 ⁺	8636,11 ^{ns}	4,3536 ^{ns}
bloco	2	435,790	1086,20	103,306	4844,44	117,434
cal x ges	6	184,216 ^{ns}	221,398 ^{ns}	103,306 ^{ns}	66558,33 ⁺	3,7762 ^{ns}
resíduo	22	199,413	212,891	111,846	26841,41	6,2398
média		47,47	64,11	97,86	971,11	16,11
c.v.(%)		29,75	22,76	10,81	16,87	15,51

Tabela 11A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 85/86.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	2,45954 ^{ns}	0,04778 ^{ns}	23,4648 ^{**}	4,58741 ^{**}	0,28074 ^{**}	0,10546 ^{ns}
gesso	2	0,32333 ^{ns}	0,06028 ^{ns}	5,75028 ^{ns}	1,11862 ^{ns}	0,11194 ⁺	0,39583 ⁺
bloco	2	0,92333	0,07694	5,99361	0,85528	0,02028	0,09750
cal x ges	6	0,76037 ^{ns}	0,01583 ^{ns}	8,53509 ⁺	1,75269 ⁺	0,04046 ^{ns}	0,10657 ^{ns}
resíduo	22	1,87515	0,01634	3,94755	0,59528	0,03785	0,11931
média		31,43	1,37	21,91	8,92	2,42	0,53
c.v.(%)		4,36	11,83	9,07	8,65	8,03	65,80

Tabela 12A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 85/86.

causa da var.	G.l.	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	98,6667 ^{ns}	3,14889 ^{ns}	5119,07 ^{**}	98,6667 ^{ns}
gesso	2	570,861 ^{**}	12,8044 ^{ns}	2828,58 ^{ns}	570,811 ^{**}
bloco	2	153,028	14,0370	9093,08	153,028
cal x ges	6	156,528 ^{ns}	7,26334 ^{ns}	2579,77 ^{ns}	156,528 ^{ns}
resíduo	22	90,543	6,65088	1374,90	90,5490
média		56,56	20,04	530,83	56,56
c.v.(%)		16,83	12,87	6,99	16,83

Tabela 13A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 86/87.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	2,58782 ^{ns}	0,00963 ^{ns}	6,29740 ⁺	6,76176 ⁺	0,35880 ^{**}	0,31657 ⁺
gesso	2	0,86111 ^{ns}	0,12694 ^{**}	4,01361 ^{ns}	9,00333 ⁺	0,03250 ^{ns}	0,13583 ^{ns}
bloco	2	1,72861	0,06694	0,80194 ^{ns}	1,30583 ^{ns}	0,39083 ^{**}	0,43750 ⁺
cal x ges	6	0,98148 ^{ns}	0,00213 ^{ns}	2,20657 ^{ns}	0,84259 ^{ns}	0,01324 ^{ns}	0,04991 ^{ns}
resíduo	22	1,19013	0,00967	2,40316	1,89492	0,03932	0,13508
média		26,66	1,28	20,03	9,33	2,04	1,03
c.v.(%)		4,09	7,70	7,74	14,76	9,71	35,86

Tabela 14A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 86/87.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	1674,51 ⁺	103,586 ^{ns}	50,2500 ^{ns}	20466,26 ⁺	402,721 ^{ns}
gesso	2	779,823 ^{ns}	28,7778 ^{ns}	11,3611 ^{ns}	6215,03 ^{**}	285,146 ^{ns}
bloco	2	6834,89	186,861	7,52778	1608,53	323,040
cal x ges	6	460,838 ^{ns}	132,444 ^{ns}	23,2500 ^{ns}	5801,62 ^{ns}	356,775 ^{ns}
resíduo	22	620,057	85,1035	56,4975	7089,98	411,697
média		57,63	46,03	16,58	624,28	16,58
c.v.(%)		43,21	20,04	9,52	13,49	122,36

Tabela 15A - Quadrados médios dos teores foliares de macronutrientes, em g/kg, no ano de 87/88.

causa da var.	G.l.	N	P	K	Ca	Mg	S
calcário	3	0,69445 ^{ns}	0,06222 ⁺	2,97222 ^{ns}	1,83880 ^{ns}	0,06546 ^{ns}	0,04667 ^{ns}
gesso	2	0,65361 ^{ns}	0,01333 ^{ns}	1,46083 ^{ns}	1,12000 ^{ns}	0,04694 ^{ns}	0,01861 ^{ns}
bloco	2	0,76444	0,01583	36,7108	5,67583	0,58528	0,17028
cal x ges	6	2,68805 ^{ns}	0,01000 ^{ns}	2,20657 ^{ns}	0,38407 ^{ns}	0,11020 ^{ns}	0,06083 ^{ns}
resíduo	22	3,66566	0,01977	1,64477	0,86341	0,03619	0,11694
média		2,99	1,40	25,78	9,08	1,89	1,11
c.v.(%)		6,41	10,04	4,97	10,24	10,09	30,78

Tabela 16A - Quadrados médios dos teores foliares de micronutrientes, em mg/kg, no ano de 87/88.

causa da var.	G.l.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
calcário	3	407,905 ^{ns}	462,852 ^{ns}	19,3704 ^{ns}	3916,07 ^{ns}	121,983 ^{ns}
gesso	2	595,858 ^{ns}	1732,69*	215,111 ^{ns}	6347,11 ^{ns}	143,112 ^{ns}
bloco	2	1863,898	314,528	68,0278	22508,78	44,2952
cal x ges	6	184,456 ^{ns}	368,769 ^{ns}	89,9259 ^{ns}	11794,96*	122,560 ^{ns}
resíduo	22	310,225	486,740	136,543	4250,02	366,908
média		103,51	80,94	85,94	502,78	134,33
c.v.(%)		17,02	27,26	13,60	12,97	14,26

Tabela 17A - Quadrados médios da produção do café, em sacas beneficiadas/ha, para as oito colheitas realizadas e para a produção total.

causa var.	G.I.	79/80	80/81	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	88/89	total
calcário	3	2,50306 ^{ns}	397,187 [†]	10,0142 ^{ns}	18,43669 ^{ns}	153,4909 ^{ns}	2,64305 [†]	248,7631 ^{ns}	137,4656 [†]	3520,85 ^{**}
gesso	2	0,15712 ^{ns}	1998,203 ^{**}	749,321 ^{**}	251,4294 ^{**}	721,2965 [†]	0,10350 ^{ns}	5002,788 ^{**}	913,7969 ^{**}	44578,99 ^{**}
bloco	2	5,77352	93,5220	3424,950	342,5552	1986,213	2,57272	320,4807	90,7544	10291,05
cal* ges	6	4,00579 ^{ns}	106,809 ^{ns}	144,5076 [†]	42,4205 ^{ns}	131,1799 ^{ns}	8,53943 ^{**}	139,4744 ^{ns}	53,1347 ^{ns}	1447,05 [†]
resíduo	22	2,19672	106,106	43,8594	38,7339	236,1739	0,86761	181,5434	50,7751	609,535
média		3,34	65,53	44,15	25,11	59,62	2,19	64,94	19,69	280,58
c.v.(%)		44,43	15,72	15,00	24,79	25,78	42,49	20,75	36,18	8,80

ANEXOS

Tabela 1: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1979.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	249,5	157,9	118,9	102,9	64,4	-	39,8	6,3	139,6	78,6	180,8	349,5	135,3	1488
T média	22,5	22,9	21,8	20,5	19,2	16,9	16,2	19,6	19,8	22,7	22,0	23,5	20,6	
T máxima	27,3	27,5	27,6	27,2	25,4	24,5	23,9	27,5	26,6	29,1	28,2	28,6	27,0	
T mínima	17,0	16,3	15,9	13,9	12,9	9,1	8,4	11,8	13,0	16,3	15,7	18,4	14,3	

Tabela 2: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1980.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	305,9	231,0	79,8	178,2	29,1	90,1	0,0	6,2	114,1	91,0	345,2	347,3	151,5	1818
T média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,7	22,8	22,9	22,8	-
T máxima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,6	28,3	27,7	28,5	-
T mínima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,9	17,2	18,0	17,0	-

Tabela 3: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1981.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	295,9	43,8	123,0	47,9	17,9	61,8	3,8	3,5	21,8	273,3	425,3	390,1	142,3	1708
T média	23,2	23,5	23,6	21,2	19,5	17,1	15,9	19,6	20,3	21,8	22,9	22,7	20,9	
T máxima	27,9	29,4	28,9	26,9	25,9	23,5	23,2	27,6	26,1	27,2	28,2	27,2	26,8	
T mínima	18,4	17,7	18,2	15,4	13,1	10,6	8,6	11,6	14,5	16,3	17,6	18,2	15,0	

Tabela 4: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1982.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	409,8	213,3	514,0	11,1	69,7	27,7	25,5	28,4	53,4	316,3	135,8	309,7	176,2	2115
T média	21,9	23,2	22,4	20,2	18,0	19,7	18,3	20,3	21,2	22,2	25,2	22,9	21,3	
T máxima	25,7	28,6	26,5	24,2	25,4	25,1	27,0	27,7	26,8	28,4	26,7	27,0	26,5	
T mínima	18,1	17,7	18,2	14,3	11,7	13,9	11,4	13,6	14,7	17,5	21,9	19,0	16,0	

Tabela 5: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1983.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	343,1	389,2	243,6	218,5	203,1	70,9	44,1	0,3	195,1	265,3	203,4	328,1	208,7	2505
T média	22,8	23,2	22,6	21,8	20,6	19,4	19,1	18,9	20,3	21,3	22,3	21,9	21,9	
T máxima	26,9	28,1	27,6	27,1	25,8	25,3	25,6	26,6	25,3	26,1	27,0	26,0	26,5	
T mínima	18,7	18,3	17,6	16,5	15,3	13,4	12,5	11,1	15,3	16,4	16,6	17,8	15,8	

Tabela 6: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1984.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	246,9	61,9	77,1	79,0	43,7	0,0	5,5	73,5	118,4	42,2	118,8	378,1	103,7	1245
T média	23,6	24,4	23,8	21,8	20,9	19,0	19,4	19,2	19,6	23,2	23,4	22,8	22,8	
T máxima	29,7	31,1	29,9	27,2	27,6	27,0	25,7	26,5	30,3	29,3	27,8	26,7	28,2	
T mínima	17,4	17,7	17,7	16,3	14,8	11,2	11,8	12,8	12,5	16,0	17,5	17,7	15,2	

Tabela 7: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1985.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	376,4	93,2	303,4	43,5	8,6	1,7	0,4	5,7	35,9	68,8	176,2	105,7	101,6	1220
T média	22,8	23,5	23,7	22,3	19,3	16,3	16,7	20,3	21,9	23,4	23,2	23,2	21,4	
T máxima	27,0	29,3	28,4	27,7	25,7	24,1	24,5	28,4	28,4	31,0	28,8	28,7	27,7	
T mínima	18,6	17,8	19,0	16,9	12,9	8,5	8,8	12,2	15,5	15,8	17,8	17,6	15,1	

Tabela 8: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1986.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	294,9	196,6	259,1	22,4	124,4	0,0	79,1	127,3	26,0	84,4	115,0	430,2	146,6	1759
T média	23,6	23,4	23,3	22,4	20,5	17,5	16,9	19,5	20,7	22,3	23,3	23,0	21,4	
T máxima	28,9	28,5	28,6	28,8	26,5	25,3	21,5	25,6	27,4	29,0	29,1	27,4	27,4	
T mínima	18,3	18,2	17,9	16,1	14,4	9,6	10,2	13,4	13,9	15,5	17,4	18,5	15,3	

Tabela 9: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1987.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	167,5	50,3	119,8	133,8	52,74	31,1	15,0	8,1	72,4	202,4	166,3	257,9	106,4	1277
T média	23,6	23,3	22,8	22,2	20,2	17,9	19,4	19,6	21,7	23,7	23,6	23,4	21,8	
T máxima	28,8	28,5	29,3	27,8	26,0	24,8	26,5	28,0	28,2	30,3	29,5	28,7	28,0	
T mínima	18,3	18,0	16,3	16,5	14,3	11,1	12,3	11,1	15,2	17,0	17,6	18,1	15,5	

Tabela 10: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1988.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	146,8	256,7	220,2	193,3	47,1	50,9	0,0	0,0	32,4	170,1	149,1	360,6	135,6	1627
T média	24,5	23,6	23,3	22,8	20,4	17,4	16,3	19,1	23,0	21,7	22,3	23,2	21,5	
T máxima	30,2	28,5	29,4	27,9	26,7	24,2	23,6	27,2	31,0	27,4	27,6	28,3	27,7	
T mínima	18,7	18,7	17,2	17,7	14,1	10,6	9,0	10,9	14,9	16,0	16,9	18,0	15,2	

Tabela 11: Precipitação, em mm, e temperatura, em °C, na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso-MG, no ano de 1989.

	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	média	total
Precipitação	214,1	312,1	232,4	126,6	15,0	27,4	32,5	26,4	84,0	53,4	216,3	148,9	124,1	1489
T média	23,0	23,3	23,0	22,0	18,6	17,9	21,2	23,6	21,7	22,4	22,6	17,1	21,4	
T máxima	28,1	28,5	28,8	28,6	25,5	24,3	24,4	27,0	28,8	28,9	28,0	27,5	27,4	
T mínima	17,9	17,8	18,1	17,2	15,5	11,7	7,9	9,7	15,3	18,3	16,0	16,2	15,1	

Tabela 12: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 79/80.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	30,60	1,37	18,03	16,00	3,30	1,47	1492,67	46,96	46,96	13,52	502,33	1,73
C ₀ G ₁	33,93	1,27	19,40	16,00	3,43	1,63	1376,33	43,66	15,49	14,56	343,33	3,52
C ₀ G ₂	33,40	1,37	19,80	17,00	3,50	1,67	1452,33	50,05	17,43	15,60	371,67	2,46
C ₁ G ₀	34,67	1,29	17,67	16,00	3,40	1,47	1632,00	43,51	15,49	14,56	392,67	4,58
C ₁ G ₁	33,40	1,27	18,07	17,50	3,60	1,50	1330,33	44,90	15,49	14,56	329,33	2,89
C ₁ G ₂	34,93	1,24	19,27	16,50	3,27	1,70	1336,00	43,87	13,56	16,64	450,67	2,80
C ₂ G ₀	34,93	1,27	19,77	17,50	3,63	1,47	1382,33	43,74	13,56	15,60	321,33	4,17
C ₂ G ₁	38,03	1,31	20,00	18,00	3,43	1,63	1428,67	45,91	11,62	15,60	361,67	2,27
C ₂ G ₂	33,83	1,31	19,07	20,00	3,53	1,57	1347,33	43,85	15,49	15,60	383,33	4,33
C ₃ G ₀	32,27	1,36	18,47	17,00	3,37	1,63	1347,67	47,99	13,56	15,60	445,33	2,65
C ₃ G ₁	32,53	1,34	19,70	18,50	3,50	1,53	1382,67	47,99	11,62	14,56	401,33	4,35
C ₃ G ₂	32,47	1,31	18,17	18,50	3,33	1,47	1306,67	43,24	13,56	14,56	318,67	4,27

Tabela 13: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 80/81.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	30,51	1,55	13,03	11,77	2,30	1,10	512,67	57,33	268,00	46,67	179,67	31,69
C ₀ G ₁	30,47	1,23	14,39	11,50	2,35	1,50	468,00	53,87	295,33	40,00	196,33	70,06
C ₀ G ₂	31,13	1,23	12,64	12,20	2,55	1,73	448,33	52,40	268,00	33,33	185,00	65,35
C ₁ G ₀	32,97	1,50	11,38	11,90	2,51	1,50	450,33	56,00	327,00	50,00	200,00	57,93
C ₁ G ₁	30,53	1,23	10,50	11,53	2,70	1,83	401,00	49,33	269,33	36,67	199,00	69,7
C ₁ G ₂	32,03	1,21	12,45	13,00	2,44	1,53	441,00	56,40	254,00	40,00	201,33	75,48
C ₂ G ₀	31,73	1,47	9,23	12,20	2,79	1,37	422,00	50,93	272,00	46,67	189,33	55,44
C ₂ G ₁	31,93	1,25	10,40	12,70	2,77	1,53	428,00	53,60	271,00	40,00	208,67	72,17
C ₂ G ₂	32,23	1,19	9,82	13,17	2,76	1,67	399,67	49,45	290,67	43,33	234,33	77,76
C ₃ G ₀	31,07	1,45	12,15	12,20	2,56	1,20	420,33	50,40	285,33	43,33	205,67	57,71
C ₃ G ₁	30,77	1,45	12,05	13,00	2,86	1,57	388,67	52,47	268,33	40,00	200,33	75,26
C ₃ G ₂	31,30	1,33	13,02	12,93	2,83	1,63	392,00	49,60	283,67	43,33	217,67	77,83

Tabela 14: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 82/83.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	32,87	1,99	21,20	9,60	2,20	1,07	449,33	34,13	62,00	38,31	64,67	32,28
C ₀ G ₁	32,20	1,73	21,90	10,96	2,18	1,13	462,67	35,27	61,00	34,71	53,67	42,24
C ₀ G ₂	32,43	1,63	21,57	11,63	2,10	1,37	457,33	33,87	69,67	32,52	64,33	60,79
C ₁ G ₀	31,93	1,71	20,03	9,94	2,29	1,30	454,00	34,47	68,67	32,35	56,67	36,38
C ₁ G ₁	31,37	1,83	20,33	11,16	2,51	1,27	446,33	32,67	70,33	39,27	78,33	46,62
C ₁ G ₂	31,67	1,57	22,13	11,43	2,24	1,23	446,67	35,00	57,67	32,08	49,33	46,70
C ₂ G ₀	31,57	1,89	19,93	10,62	2,53	1,03	435,67	37,87	61,67	31,82	59,33	32,76
C ₂ G ₁	32,63	1,76	20,60	11,23	2,39	1,13	437,33	36,40	50,00	31,38	62,33	48,54
C ₂ G ₂	31,00	1,77	21,07	12,11	2,41	1,33	431,33	35,00	65,67	31,99	61,00	53,77
C ₃ G ₀	30,93	2,16	20,37	10,52	2,32	0,97	409,00	37,27	66,33	32,61	57,33	39,69
C ₃ G ₁	31,87	1,79	20,03	11,90	2,75	1,17	393,67	37,47	62,67	33,48	89,33	49,56
C ₃ G ₂	31,53	1,73	21,07	11,16	2,55	1,17	430,33	33,47	59,33	30,85	79,67	40,47

Tabela 15: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 83/84.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	34,30	2,01	23,63	7,07	1,75	0,77	386,3	39,33	45,67	15,35	82,67	20,42
C ₀ G ₁	35,13	2,10	25,20	7,87	1,86	1,30	397,3	33,87	42,00	11,89	88,33	29,34
C ₀ G ₂	35,63	2,12	24,93	8,17	1,92	1,67	387,0	33,33	48,00	13,05	82,67	23,20
C ₁ G ₀	36,23	2,19	24,33	6,93	1,85	1,10	367,0	34,13	42,67	14,67	76,33	21,14
C ₁ G ₁	35,07	2,09	24,10	7,77	2,01	1,47	340,3	32,40	50,00	13,48	101,0	20,49
C ₁ G ₂	36,27	2,06	24,80	8,73	1,84	1,47	381,0	33,53	39,67	11,86	85,00	29,13
C ₂ G ₀	34,73	2,03	23,30	9,80	1,99	1,17	387,3	39,87	53,67	13,48	92,33	18,20
C ₂ G ₁	34,43	1,99	23,40	9,13	1,99	1,40	362,3	34,73	40,67	14,59	110,3	28,94
C ₂ G ₂	35,20	2,10	24,33	8,37	2,08	1,43	346,7	33,53	41,00	12,54	82,33	30,11
C ₃ G ₀	33,77	2,09	23,30	7,87	1,88	1,13	333,0	35,00	39,33	12,82	80,00	20,10
C ₃ G ₁	34,93	1,87	23,30	9,50	2,07	1,40	312,3	37,27	47,67	15,35	105,0	27,74
C ₃ G ₂	34,70	2,07	23,77	9,50	2,01	1,50	340,0	34,73	41,67	12,20	81,00	32,50

Tabela 16: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 84/85.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	32,70	1,83	24,50	8,37	1,59	1,37	1150,00	26,13	66,00	16,53	89,00	46,33
C ₀ G ₁	31,60	1,44	26,67	9,70	1,42	2,07	1546,67	34,73	77,00	15,87	101,33	63,09
C ₀ G ₂	32,23	1,42	26,77	11,03	1,36	2,10	1260,00	44,93	80,00	17,83	102,00	66,08
C ₁ G ₀	31,47	1,61	24,13	9,63	1,72	1,40	1000,00	59,73	68,00	16,40	94,67	48,04
C ₁ G ₁	31,77	1,23	24,70	10,50	1,79	1,83	960,00	50,53	52,33	15,87	93,67	62,94
C ₁ G ₂	31,93	1,27	25,07	10,47	1,50	1,53	1136,67	53,60	56,33	14,83	113,33	52,50
C ₂ G ₀	32,37	1,65	23,23	10,07	1,89	0,97	830,00	59,87	67,33	18,80	96,33	55,01
C ₂ G ₁	30,80	1,34	24,90	9,97	1,74	1,77	933,33	57,93	65,00	16,10	94,00	62,91
C ₂ G ₂	31,93	1,44	23,80	11,17	1,83	1,60	840,00	45,33	50,33	15,93	94,33	74,61
C ₃ G ₀	31,43	1,41	24,50	10,93	1,70	1,27	786,67	47,60	57,00	14,97	96,00	53,89
C ₃ G ₁	30,10	1,33	19,73	11,77	2,10	1,70	536,67	48,27	66,67	14,07	95,33	72,83
C ₃ G ₂	31,47	1,41	19,93	11,47	1,91	1,53	673,33	40,93	63,33	16,07	104,33	57,16

Tabela 17: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 85/86.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	30,77	1,47	22,90	6,83	2,43	0,23	602,67	54,67	20,50	115,67	1,90
C ₀ G ₁	30,80	1,23	23,70	8,47	2,10	0,77	634,00	58,00	20,97	142,67	3,30
C ₀ G ₂	30,70	1,17	18,63	8,83	2,07	0,83	550,67	57,00	21,03	136,67	0,79
C ₁ G ₀	32,53	1,40	20,47	8,23	2,43	0,20	588,67	64,33	21,07	132,33	0,37
C ₁ G ₁	32,30	1,37	19,83	9,57	2,53	0,33	580,33	62,67	18,90	166,33	0,76
C ₁ G ₂	31,20	1,23	19,40	9,17	2,20	0,57	602,00	50,67	19,87	153,33	3,62
C ₂ G ₀	30,97	1,43	21,87	9,37	2,53	0,60	529,00	68,00	20,30	152,33	2,79
C ₂ G ₁	32,00	1,43	21,27	8,20	2,43	0,30	473,33	59,00	20,17	137,67	3,21
C ₂ G ₂	31,77	1,43	23,30	9,03	2,47	0,77	487,33	48,67	19,53	141,67	0,97
C ₃ G ₀	31,63	1,47	22,90	10,10	2,70	0,57	471,67	68,00	23,07	148,33	3,92
C ₃ G ₁	31,13	1,47	25,30	9,33	2,57	0,37	416,67	44,00	17,43	143,67	1,07
C ₃ G ₂	31,30	1,37	23,30	9,93	2,60	0,77	433,67	43,67	17,70	140,33	3,61

Tabela 18: Teores foliares de nutrientes (macronutrientes em g/kg e micronutrientes em mg/kg) e produção em sacas beneficiadas/ha no ano de 86/87.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn	Fe	prod
C ₀ G ₀	28,50	1,37	23,30	7,03	1,80	0,67	472,00	87,47	58,00	90,63	69,67	31,87
C ₀ G ₁	26,20	1,23	20,03	9,50	1,80	0,77	673,00	57,73	57,00	11,77	79,00	59,75
C ₀ G ₂	26,40	1,17	20,10	9,47	1,63	0,60	729,67	68,80	39,33	13,23	77,33	69,72
C ₁ G ₀	26,73	1,40	21,07	7,80	1,80	0,83	653,33	47,33	46,00	11,70	83,00	60,37
C ₁ G ₁	26,13	1,30	20,80	8,77	1,77	0,67	744,67	62,13	55,00	10,53	82,33	71,57
C ₁ G ₂	25,77	1,20	19,50	9,13	1,77	0,47	786,67	56,93	48,00	12,80	84,00	61,84
C ₂ G ₀	26,50	1,30	20,90	8,10	2,10	0,63	531,67	87,33	46,33	15,07	81,00	31,73
C ₂ G ₁	26,07	1,13	19,90	9,67	2,07	0,97	671,00	75,60	34,67	12,07	78,00	87,76
C ₂ G ₂	26,23	1,23	20,67	9,40	2,00	1,17	634,33	89,73	45,00	11,87	81,67	78,12
C ₃ G ₀	25,97	1,27	19,20	10,00	2,23	1,37	576,00	63,33	41,67	11,50	81,33	66,49
C ₃ G ₁	25,93	1,13	16,43	12,60	2,20	1,27	442,00	72,00	43,67	13,00	77,00	80,69
C ₃ G ₂	26,63	1,07	20,50	11,90	2,07	1,40	636,00	29,07	50,00	14,43	76,67	78,39

Tabela 19: Produção anual e média de oito produções, em sacas beneficiadas/ha.

	79/80	80/81	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	88/89	média
C ₀ G ₀	1,73	31,69	32,28	20,42	46,33	1,90	28,19	5,40	20,99
C ₀ G ₁	3,52	70,06	42,24	29,34	63,09	3,30	70,78	24,03	38,30
C ₀ G ₂	2,46	65,35	60,79	23,20	66,08	0,79	74,22	16,60	38,69
C ₁ G ₀	4,58	57,93	36,38	21,14	48,04	0,37	50,88	13,10	29,05
C ₁ G ₁	2,89	69,70	46,62	20,49	62,94	0,76	73,28	17,87	36,82
C ₁ G ₂	2,80	75,48	46,70	29,13	52,50	3,62	69,20	26,03	38,18
C ₂ G ₀	4,17	55,44	32,76	18,20	55,01	2,79	39,27	8,20	26,98
C ₂ G ₁	2,27	72,17	48,54	28,94	62,91	3,21	82,75	24,60	40,68
C ₂ G ₂	4,33	77,76	53,77	30,11	74,61	0,97	82,22	26,00	43,72
C ₃ G ₀	2,65	57,71	39,69	20,10	53,89	3,92	47,25	11,93	29,64
C ₃ G ₁	4,35	75,26	49,56	27,74	72,83	1,07	84,27	29,23	43,04
C ₃ G ₂	4,27	77,83	40,47	32,50	57,16	3,61	77,00	33,33	40,77