

PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM SOLO DE CERRADO  
UTILIZADO PARA A CAFEICULTURA

GENÉSIO DA SILVA CERVELLINI

Orientador: VALDOMIRO CORREA de BITTENCOURT

*Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de  
Queiroz", da Universidade de  
São Paulo, para obtenção do título  
de Mestre em Solos e Nutrição de  
Plantas*

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Setembro, 1976

A minha esposa Nina  
e a minhas filhas  
Patrícia e Alessandra  
dedico

Apresento nossos agradecimentos às pessoas:

Dr. Valdomiro C. Bittencourt

Dr. Bernardo Van Raij

Dr. Alfredo Kupper

Dr. Alceu C. Nascimento

Dr. Coaracy Moraes Franco

Dra. Violeta Nagai e

Sra. Marli A. D. Giesbrecht

**pelas** colaborações prestadas. Agradecemos à Diretoria Geral do Instituto Agronômico, à Diretoria da Divisão de Plantas Alimentícias Básicas e às Seções de Agrogeologia e Fertilidade de Solos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, pelas facilidades e apoio.

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (C.N.Pq.) pelo incentivo que nos tem proporcionado através de concessão de bolsa de pesquisa.

## ÍNDICE

1. RESUMO .....	1
2. INTRODUÇÃO .....	2
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	4
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1. Estudo do solo original .....	10
4.2. Tratamentos empregados .....	11
4.3. O desenvolvimento e as produções das plantas sob os diferentes tratamentos .....	13
4.4. A coleta das amostras de solo .....	15
4.5. Análises químicas das amostras do solo .....	16
4.6.1. Efeitos do esterco, calcário e micronu- trientes sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo .....	17
4.6.2. Efeitos dos diferentes tratamentos sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo .....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5.1. Efeitos dos diferentes tratamentos de adubações sobre as características químicas dos solos .....	18
5.1.1. Efeitos sobre os valores de pH .....	18
5.1.2. Efeitos sobre os teores de matéria orgâ- nica .....	20
5.1.3. Efeitos sobre os teores de cálcio .....	22
5.1.4. Efeitos sobre os teores de magnésio .....	23
5.1.5. Efeitos sobre os teores de potássio .....	25
5.1.6. Efeitos sobre a soma de cátions trocáveis ..	27
5.1.7. Efeitos sobre os teores de alumínio livre ..	27
5.1.8. Efeitos sobre os teores de hidrogênio ti- tulável .....	30
5.1.9. Efeitos sobre os valores de troca catiô- nica .....	32
5.1.10. Efeitos sobre os valores de porcentagem de saturação de bases (valor V%) .....	33

5.1.11. Efeito sobre os teores de fósforo .....	35
5.2. Efeitos dos contrastes estudados sobre as propriedades químicas dos solos .....	36
5.2.1. Efeitos observados em amostras de solos coletadas entre as linhas dos cafeeiros à profundidade de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm .....	37
5.2.2. Efeitos observados em amostras de solos coletadas sob a copa do cafeeiro às profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm .....	39
5.3. Estudo comparativo dos efeitos dos diversos tratamentos sobre as propriedades químicas em amostras coletadas entre as linhas dos cafeeiros e sob a copa do mesmo às profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm .....	39
6. CONCLUSÕES .....	45
7. SUMMARY .....	46
8. LITERATURA CITADA .....	47

## 1. RESUMO

Foram estudadas as propriedades químicas de solos coletados em uma cultura de cafeeiros plantados em Latossolo Vermelho Amarelo fase areno-barrenta da região de Bataias, e que haviam sido submetidos durante treze anos a diversos tratamentos, que incluíram adubos contendo NPKS, calcário dolomítico, esterco de curral e micronutrientes zinco e boro.

As amostras foram coletadas em três repetições para cada um dos oito tratamentos, em duas áreas localizadas entre as linhas e sob as copas dos cafeeiros, e em três profundidades, respectivamente de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm.

O calcário dolomítico provocou uma elevação considerável da porcentagem de matéria orgânica e os micronutrientes incrementaram esta elevação.

O esterco de curral melhorou as características químicas do solo em proporções menores que o calcário. Quando o esterco foi aplicado na presença dos adubos contendo NPKS, houve diminuição dos teores de cátions trocáveis e elevação dos teores de hidrogênio e alumínio livres.

Os nutrientes aplicados sob as copas sofreram uma movimentação horizontal, provocada pela arruação, para as entre linhas dos cafeeiros, com exceção do potássio que foi encontrado em maiores concentrações sob as copas dos cafeeiros.

## 2. INTRODUÇÃO

Muitas áreas cobertas com vegetação de cerrado são hoje utilizadas para a cultura do cafeeiro, impelindo a aprimoração das técnicas de cultivo e adubação.

O uso do calcário dolomítico para correção da acidez do solo, eliminação do alumínio livre e elevação dos teores de cálcio e magnésio, tem sido uma prática que tem apresentado bons resultados em culturas estabelecidas em cerrados.

A aplicação de micronutrientes, especialmente o zinco e o boro, tem-se mostrado imprescindível para o bom desenvolvimento dos cafeeiros em cerrado.

Adubações com NPKS são utilizadas nos cerrados como as realizadas pelos cafeicultores desde muitos anos. As formas de adubos como sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio são utilizadas com boas respostas nas colheitas, especialmente aos adubos nitrogenado e potássico.

A prática da adubação exclusivamente por meio de esterco ou torta, tem se mostrado impraticável devido às grandes quantidades dos adubos orgânicos exigidas.

O desenvolvimento de um cafezal em solo de cerrado envolve a correção da disponibilidade em nutrientes em quantidades suficientes para as plantas. Esta disponibilidade pode ser corrigida através da aplicação de adubos minerais

contendo os macro e micronutrientes e corretivos como o calcário dolomítico.

LAZZARINI et alii (1975) apresentaram os dados de um ensaio instalado em Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa barrenta, coberto com vegetação de cerrado, localizado na região de Batatais e que teve como objetivo verificar o comportamento do cafeeiro tratado com adubações exclusivamente minerais, procurando demonstrar que as necessidades das plantas eram plenamente satisfeitas, sendo portanto dispensável o uso de matéria orgânica, até então considerada como obrigatória. Concluíram entre outras coisas que o calcário foi eficaz, induzindo aumentos nas produções das plantas adubadas exclusivamente com produtos minerais e que estas produções foram comparáveis com aquelas obtidas pelas plantas dos tratamentos com esterco complementadas com adubações minerais incluindo o calcário.

O objetivo do presente trabalho é o estudo dos solos das parcelas do referido ensaio, submetidas que foram durante mais de dez anos a diferentes tratamentos, procurando analisar o comportamento dos nutrientes aplicados, suas influências nos valores determinados pela análise química do solo, como o pH, concentração dos nutrientes, capacidade de troca catiônica e porcentagem de saturação de bases e os seus efeitos na recuperação da fertilidade do solo, tendo em vista as extensas áreas do Estado atualmente cobertas com cerrado e que poderiam ser aproveitadas para a cafeicultura.



### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Ensaio instalados por CATANI e GALLO (1954), FRANCO e INFORZATO (1946), FRANCO et alii (1960), LAZARINI et alii (1967) e inúmeros outros permitiram concluir que além do NPKS eram também necessários o cálcio, o magnésio, além dos micronutrientes; especialmente o zinco e o boro, sendo imprescindível a correção da acidez do solo para o bom desenvolvimento das plantas.

No ensaio instalado em cerrado em Latossolo Vermelho Amarelo fase areno-barrenta, LAZZARINI et alii (1975) e que foi aproveitado para este estudo, as melhores produções foram obtidas quando a adubação foi feita com NPKS complementada com calcário dolomítico mais Zn e B.

Em levantamentos do estado nutricional de cafeeiros do Estado de São Paulo, realizados por meio de análises foliares, em diferentes épocas do ano, foram encontradas deficiências generalizadas de nitrogênio. Em solos Podzolizados Var. Lins sob vegetação de cerrado, foram encontradas deficiências de ferro, cálcio e zinco, com probabilidades de toxidez de manganês, GALLO et alii (1967 e 1970).

O principal problema da instalação de um cafezal em solo de cerrado é a baixa fertilidade que apresentam estes solos. Entre os fatores que concorrem para a baixa fer-

tilidade está a acidez, provocando a ocorrência de elevados teores de alumínio e hidrogênio livres que deslocam os cátions trocáveis.

As condições de acidez de um solo provocam maior solubilização e perdas de cátions pela lixiviação. Os adubos acidificantes, por exemplo, provocam um abaixamento do pH e redução dos teores de Ca e Mg. A substituição do sulfato de amônio pelo nitrocálcio provocou um melhor desenvolvimento das plantas em um trabalho de FRANCO (1970).

Os cátions em saturação são removíveis pela lixiviação com intensidades inversas às forças de retenção pelo solo. O Na é o cátion mais facilmente removido, seguindo-se

Os cátions trocáveis mais importantes são hidrogênio, alumínio, cálcio, magnésio, potássio e sódio, podendo ocorrerem outros em pequenas quantidades como o amônio, manganês, zinco e cobre. Estes íons são ligados aos sólidos por meio de diferentes energias de ligações. O cálcio é o mais fortemente adsorvido enquanto o potássio é o mais fracamente.

A aplicação de calcário age então não apenas na elevação do pH, que é um dos seus mais importantes efeitos, como também eleva a saturação de bases e pode aumentar a fertilidade.

O grau de saturação em bases, quando correlacionado com o teor mínimo de nutrientes necessários para o bom desenvolvimento da planta, dá uma idéia da fertilidade do solo. Existem correlações altamente significativas entre o pH e o grau de saturação em bases para amostras superficiais ou subsuperficiais tanto para solos com horizonte B textural como para solos com B latossólico, RAIJ et alii (1968), ou para amostras superficiais de solos do Estado de São Paulo, CATANI e GALLO (1955).

A correlação entre o pH e o grau de saturação em bases sofre grandes variações com a composição coloidal, COLEMAN e MEHLICH (1957), ou com a profundidade de coleta das amostras, PRATT (SD).

A capacidade de troca de cátions (CTC) das frações orgânica e mineral dos solos é uma característica físico-química fundamental dos solos e é considerada como boa indicadora da atividade coloidal e muito útil em estudos de fertilidade, RAIJ (1969).

Esta propriedade de troca de cátions é devida a cargas negativas existentes na estrutura ou na superfície dos trocadores, o que induz uma neutralização por íons trocáveis de carga contrária. São definidos como trocadores de íons, os materiais sólidos, insolúveis e portadores de íons, HELFFERICH, (1962).

A participação da matéria orgânica na CTC de um solo acompanha os sucessivos estágios de decomposição da mesma Mc George (1931), e os aumentos na capacidade dos restos vegetais em reter bases, estão associados com o desenvolvimento da decomposição desses mesmos, BROADBENT (1953).

A velocidade de decomposição da matéria orgânica está na dependência do metabolismo dos microorganismos do solo, que sofre as influências de inúmeras fatores, entre os quais podem ser citados o pH, a umidade, a temperatura, o teor e o estado de decomposição da própria matéria orgânica e a disponibilidade dos macro e dos micronutrientes.

Existe uma correlação linear altamente significativa entre a CTC da matéria orgânica e o pH dos solos para as amostras superficiais e subsuperficiais, com valor r de 0,81 e 0,76 respectivamente, RAIJ (1969), correlação esta que provavelmente está ligada às melhores condições de evolução da matéria orgânica do solo. A correlação também foi verificada para a média do pH de diferentes grupos de solos com o logaritmo da CTC da matéria orgânica, HALLSWORTH e WILKINSON (1958).

Em vinte e um horizontes superficiais de solos do Estado de São Paulo, entre vinte e dois horizontes superficiais estudados, a contribuição da matéria orgânica à CTC do solo foi da ordem 74%, RAIJ (1969). Por outros métodos de determinação envolvendo a eliminação da matéria orgânica das amostras, a contribuição foi da ordem de 30 - 40% em solos arenosos e 50 - 60% em solos argilosos, VERDADE (1956).

A adição de calcário dolomítico em solos ácidos, pobres em cálcio e magnésio, influi na disponibilidade de outros nutrientes, como os micronutrientes, e também na atividade microbiana, aumentando a CTC e a porcentagem de bases trocáveis.

A atividade microbiana dos solos é máxima na faixa de pH entre 6 e 7 e esta atividade favorece a decomposição dos restos vegetais e a consequente evolução da matéria orgânica do solo, BUCKMAN e BRADY (1960).

O boro disponível apresenta um comportamento semelhante ao zinco, decrescendo seus teores a partir dos primeiros horizontes até os mais profundos, havendo uma correlação positiva entre estes teores e a porcentagem de matéria orgânica, BRASIL SOBRINHO (1965).

O efeito dos micronutrientes zinco e boro foram notados nas produções de cafeeiros plantados em Latossolo Vermelho Amarelo fase areno-barrenta, anteriormente cobertos com vegetação de cerrado, solos estes que apresentam teores muito baixos de todos os nutrientes. Este efeito foi observado quando a aplicação dos citados micronutrientes era consorciada à aplicação de NPKS e calcário dolomítico, LAZZARINI et alii (1975). Duas toneladas por hectare de calcário dolomítico contribuem com as seguintes quantidades de micronutrientes: 20 g de cobre, 7810 g de ferro, 1620 g de manganês, 1,8 g de molibidênio e 30,4 g de zinco, VALADARES et alii (1974).

Os nutrientes podem passar do estado de íon em solução no solo para outras

pouco solúveis. É o que foi verificado especificamente para o K e Mg, CATANI e KUPPER (1949), e confirmado em lisímetros para o K. Da totalidade do potássio solúvel adicionado, pouco ou nada foi encontrado solúvel no solo, não sendo também detectado nas águas de percolação ou o foi em quantidades mínimas, KUPPER et alii (1953).

Grande parte do potássio solúvel aplicado em uma única adubação em períodos de um, dois, três e quatro anos, antes da amostragem do solo, não permaneceu nas primeiras camadas superficiais, parecendo indicar uma perda por lixiviação FRANCO e MEDINA (1960), entretanto não há indicação de uma pesquisa de potássio em outras formas que não o solúvel.

O potássio apesar de ser um dos cátions facilmente perdidos por lixiviação, permanece maior tempo no solo sofrendo pequeno deslocamento vertical. O potássio mais firmemente retido também pode ser aproveitado pelas plantas, mesmo após algum tempo, CATANI e KUPPER (1946); CATANI e GALLO (1954). Nos solos do Estado de São Paulo o efeito residual do potássio é suficientemente grande para ser levado em consideração, devendo ser estudada a possibilidade de serem reduzidas as doses desse nutrientes a serem empregadas nas áreas que o receberam nos últimos anos, VIEGAS e FREIRE (1958).

O fósforo aplicado sob a forma de  $P_2O_5$  também é retido nas primeiras camadas de solos, tendo sido encontrado fixado em formas não solúveis nos primeiros 20 cm de profundidade em Latossolo Roxo e nos primeiros 40 cm de profundidade em arenito de Bauru, FRANCO e MEDINA (1960); KUPPER et alii (1953)

A retenção do fósforo parece ligada aos teores de ferro e alumínio do solo, encontrando-se uniformemente distribuído na camada de meteorização, VERDADE (1960).

Elevadas produções do cafeeiros estão estreitamente ligadas ao desenvolvimento vegetativo da planta que depende de muitos fatores entre os quais podem ser citados: fatores genéticos, disponibilidade de nutrientes, fatores climá-

ticos, condições físicas do solo. Todos estes fatores também influem diretamente no desenvolvimento do sistema radicular da planta.

Estudos de sistemas radiculares de cafeeiros realizados nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo, mostraram que a melhor distribuição do sistema radicular ocorreu em um Latossolo Vermelho Amarelo da região de Campinas atingindo 2,5 m de profundidade, com 70% das raízes fixas nos primeiros 30 cm de profundidade, FRANCO e INFORZATO (1946).

Aos três anos de idade um cafeeiro do cultivar Mundo Novo (LCP-379-19) em um Latossolo Roxo da região de Ribeirão Preto, apresentou raízes até 1,90 m de profundidade e 65% das raízes nos primeiros 20 cm de profundidade, INFORZATO e REIS (1974).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Estudo do solo original

O solo utilizado no presente trabalho era originalmente coberto com vegetação de cerrado arbustivo, apresentando as amostras, coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, os resultados transcritos na tabela 1.

TABELA 1. Resultados médios de análises químicas de cinco amostras de solo coletadas no local do ensaio, à profundidade de 0 a 10 cm, em pontos não adubados antes da instalação do experimento (1)

Amostras	pH	e.mg/100 ml TFSA					
		Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
1 . . . . .	4,45	0,7	3,5	0,5	0,3	0,05	0,02
2 . . . . .	4,40	0,9	3,8	0,3	0,3	0,07	0,03
3 . . . . .	4,50	0,7	3,6	0,2	0,1	0,07	0,02
4 . . . . .	4,50	0,8	3,5	0,2	0,2	0,06	0,03
5 . . . . .	4,50	0,7	3,3	0,2	0,3	0,07	0,04

(1) Extraída de LAZZARINI et alii (1975).

Classificado como Latossolo Vermelho Amarelo fase areno-barrenta, está localizado na Reserva Florestal do Estado de São Paulo no município de Batatais, SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude  $20^{\circ}55'$  S e longitude  $47^{\circ}40'$  W e altitude de 880 metros aproximadamente.

A textura do solo é areno-barrenta na camada de 0 a 40 cm de profundidade e barrenta nas camadas mais profundas. Na tabela 2 são apresentadas as análises granulométricas de amostras analisadas e suas classificações.

TABELA 2. Análises granulométricas, densidade e classificação de amostras de solo coletadas no local do ensaio em pontos não alterados química ou mecanicamente (1).

Profundidade	Massa específica aparente	Argila	Limo	Areia fina	Areia grossa	Classificação
cm		%	%	%	%	
0 a 20 ...	1,30	21,0	4,8	27,7	46,5	Areno barrento
20 a 40 ...	1,20	23,0	2,2	23,3	51,5	Areno barrento
40 a 60 ...	1,20	29,5	4,0	22,5	48,0	Barrento
60 a 80 ...	1,20	32,5	2,5	27,0	38,0	Barrento
80 a 120 ..	1,20	31,7	1,0	30,8	36,5	Barrento

(1) Extraída de MEDINA e GROHMANN (1966)

#### 4.2. Tratamentos empregados

No experimento de adubação utilizado para a realização da presente pesquisa foram empregados os seguintes tratamentos:

- 1 - Controle não adubado;



- 2 - Esterco de curral;
- 3 - Esterco mais adubação mineral (NPKS);
- 4 - Esterco mais adubação mineral (NPKS), mais calcário;
- 5 - Adubação mineral (NPKS);
- 6 - Adubação mineral (NPKS) mais calcário;
- 7 - Adubação mineral (NPKS) mais micronutrientes;
- 8 - Adubação mineral (NPKS) mais calcário mais micronutrientes.

O esterco foi aplicado nas covas de plantio, em mistura com a terra e nos anos subsequentes distribuídos em cobertura no solo sob a copa dos cafeeiros e na quantidade de 40 litros por cova. A partir do 3º ano foram aplicadas quantidades de 40 litros por cova quando o tratamento era realizado apenas com esterco e 20 litros quando o tratamento incluía a adubação mineral com NPKS.

Na adubação mineral o nitrogênio foi aplicado durante o 1º ano na forma de sulfato de amônio e na quantidade de 20 g de N por planta, parcelado em três aplicações. No 2º, 3º e 4º anos e nos subsequentes foram aplicadas 40, 80 e 120 g de N por planta, respectivamente, em quatro parcelamentos iguais em cobertura, sob a copa e na forma de sulfato de amônio até 1964, quando o nitrocálcio passou a ser aplicado alternadamente com o sulfato de amônio em proporções iguais para completar a quantidade anualmente aplicada.

O fósforo foi aplicado sob as formas de superfosfato simples e fosfato de Olinda em quantidades iguais de 200 g em mistura com a terra da cova de plantio. Nos anos subsequentes foram aplicadas 200 g de fosfato de Olinda por ano e por planta, a lanço, sob a copa, até 1964. A partir deste ano o fosfato de Olinda foi substituído pelo superfosfato simples, mantendo-se a quantidade de 200 g de fertilizante por ano e por planta aplicada no período de outubro a abril.

O potássio foi aplicado sob a forma de cloreto de potássio na quantidade de 25 g por cova, misturado com a

terra. No 2º, 3º, 4º anos e nos subsequentes foram aplicadas respectivamente 50, 100 e 200 g de adubo, por ano e por planta, em quatro parcelamentos iguais e espalhados a lanço, em cobertura, no período de outubro a abril.

O enxofre foi aplicado sob as formas de sulfato de amônio e superfosfato simples sem ser estudado quantitativamente neste trabalho.

Os micronutrientes foram aplicados em duas pulverizações anuais com solução de sulfato de zinco (5,0 g), sulfato de manganês (0,5 g), sulfato de cobre (1,5 g), tetraborato de sódio (3,0 g), molibdato de amônio (0,04 g) em um litro de água. As quantidades aplicadas por planta no 1º ano foram de 100 ml; no 2º, 3º, 4º anos e nos anos subsequentes foram aplicados 200, 300 e 1000 ml respectivamente. A partir de 1964 passou-se a aplicar no solo apenas o sulfato de zinco (20 g) e o tetraborato de sódio (20 g) em uma única vez por ano e por planta.

O calcário dolomítico foi aplicado na quantidade de 50 g, misturado à terra das covas de plantio. Nos 2º, 3º, 4º anos e nos subsequentes foram aplicadas, respectivamente, as quantidades de 100, 200 e 400 g, aplicadas a lanço em cobertura sob as copas por ano e por planta. Nos anos de 1963, 1966 e 1968 foram aplicados 1 kg de calcário por cova, nos tratamentos em que incluía calcário.

#### 4.3. O desenvolvimento e as produções das plantas sob os diferentes tratamentos

Os cafeeiros foram do cultivar Mundo Novo e plantados no espaçamento de 3 x 2 m, com quatro plantas por cova.

As plantas do tratamento sem adubação não ultrapassaram a altura de 80 cm. Praticamente todas estavam mortas no 4º ano de instalação do ensaio, As remanescentes apresentavam deficiência acentuada de enxofre com tecres de

sulfato da ordem de 50 ppm, sendo o normal de 200 a 400 ppm, segundo LOTT et alii (SD).

As plantas com esterco apresentavam sintomas acentuados de deficiência de nitrogênio e alguma deficiência de magnésio, zinco e boro. A altura média era de 2 metros.

No tratamento com esterco mais NPKS o aspecto era melhor do que o apresentado no tratamento apenas com esterco; não havia carência de nitrogênio, porém, havia sintomas generalizados de deficiências de magnésio, zinco e boro.

Nos tratamentos em que o NPKS era complementado por calcário dolomítico mais esterco ou mais micronutrientes o aspecto era o melhor, a altura média era de 2,5 m, não havendo sintomas específicos de deficiências minerais.

No tratamento em que as plantas eram adubadas exclusivamente com NPKS havia pouco desenvolvimento, com altura média de 1,5 m. Havia sintomas acentuados de deficiência de magnésio, zinco e boro. O aspecto das plantas era anormal.

As plantas que recebiam apenas NPKS complementada com calcário dolomítico tinham aspecto pouco melhor do que aquelas que recebiam apenas o NPKS. Persistiam os aspectos de deficiência de zinco e boro.

As plantas que recebiam o NPKS mais o micronutrientes apresentavam-se com aspecto semelhante ao das plantas que recebiam apenas o NPKS, não havendo entretanto sintomas de deficiências de zinco e boro, persistindo os sintomas de deficiência de magnésio.

As produções obtidas nos biênios representativos de 1964-1965 e 1966-1967 estão transcritos na tabela 3 que se segue:

TABELA 3. Produção de café beneficiado, em quilogramas por hectare, obtidas por biênios, nos ensaio de adubação de caféiros instalado no Horto Florestal do Estado em Batatais, SP, LAZZARINI et alii (1975)

Tratamento	Produção de café por biênios (1)	
	1964-1965	1966-1967
NPKS	490 c	785 d
NPKS + Micronut.	385 c	1458 bcd
Esterco	813 bc	1628 ab
NPKS + Calc.	1431 abc	1000 cd
Est. + NPKS	1733 ab	2552 a
NPKS + Calc. + Micronut.	2368 a	2479 a
Est. + NPKS + Calc.	2271 a	2316 ab
d.m.s.	1385	971

(1) Letras comuns expressam diferenças não significativas na comparação das médias por Tukey a 5%.

#### 4.4. A coleta das amostras de solo

Foram coletadas amostras em todas as parcelas de três dos seis blocos componentes do ensaio, escolhidas por sorteio. As amostras foram colhidas separadamente de cada parcela em duas áreas: a primeira no espaço definido entre as linhas determinadas pelas quatro plantas úteis e a segunda na projeção da saia, no lado interno de uma das quatro plantas úteis. Cada amostra representa uma amostra composta retirada de seis furos próximos. Esta terra foi secada ao ar e peneirada, sendo este o material enviado para as análises químicas.

Foram amostradas as duas áreas segundo o processo descrito, por meio de trado tipo holandês, às profundidades seguintes: 0 a 10 cm; 10 a 20 cm e 30 a 50 cm, sistematicamente, não obedecendo a sorteio.

Totalizam cento e trinta e cinco (135) amostras, sendo setenta e duas (72) retiradas das áreas entre as linhas úteis (ruas) e sessenta e três (63) retiradas sob as copas, não havendo neste último grupo, amostras dos tratamentos sem adubações, visto que na quase totalidade destas parcelas não havia mais as plantas por terem perecido no início do ensaio.

#### 4.5. Análises químicas das amostras de solo

As amostras de solo foram passadas por peneiras de 2 mm, sendo os resultados analíticos expressos por volume de terra. Foram determinadas no Setor de Análise de Terra do Instituto Agrônomo a matéria orgânica, o pH, os teores trocáveis de alumínio, cálcio, magnésio, potássio e o fósforo solúvel. Foram determinados na Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo os teores de hidrogênio trocável, expressos em miliequivalentes por 100 g de T.F.S.A. que foram transformados por coerência em miliequivalentes por 100 ml de T.F.S.A., tomando-se as densidades do solo encontradas no trabalho de MEDINA e GROHMANN (1966).

A matéria orgânica está expressa em porcentagem por volume; o fator de correção para transformação do carbono determinado foi 1,72.

Os teores de alumínio, hidrogênio, cálcio, magnésio e potássio estão expressos em miliequivalentes por 100 ml de T.F.S.A. e o fósforo está expresso em micrograma de P por ml de T.F.S.A.

#### 4.6. Análise estatística dos resultados

##### 4.6.1. Efeitos do esterco, calcário e micronutrientes, sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo

Os dados obtidos pelas análises químicas das amostras de solos foram estudados separadamente, agrupando-se as três repetições de cada valor obtido em todos os tratamentos diferentes, separando-se as três profundidades e as duas áreas de coleta das amostras em cada parcela.

Foram realizadas as análises estatísticas dos resultados obtidos pelos contrastes seguintes: Contraste A, efeito do esterco comparando-se os tratamentos 2, 3 e 4 com os tratamentos 5, 6, 7 e 8; Contraste B, efeito do calcário, comparando-se os tratamentos 6 e 8 com os tratamentos 5 e 7; contraste C, efeito dos micronutrientes Zn e B, comparando-se os tratamentos 7 e 8 com os tratamentos 5 e 6.

Os resultados foram comparados pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade.

##### 4.6.2. Efeito dos diferentes tratamentos sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo

Para a realização destas análises os dados foram agrupados do modo citado anteriormente. Foram obtidas as diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey a 5%.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Efeitos dos diferentes tratamentos de adubações sobre as características químicas dos solos

As médias dos valores determinados pelas análises químicas de amostras de solo coletadas sob as copas dos cafeeiros e entre as linhas dos cafeeiros nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 30 a 50 cm encontram-se nas tabelas numeradas de 4 a 14.

#### 5.1.1. Efeitos sobre os valores de pH

Houve um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tratamentos sobre o solo das áreas amostradas, com exceção da amostra coletada a profundidade de 30 a 50 cm entre as linhas que apresentou efeito sobre o pH, significativo ao nível de 5% de probabilidade. Na tabela 4 se encontram os efeitos médios dos diversos tratamentos sobre o pH nos solos, nas três profundidades estudadas e nas duas áreas amostradas.

Os tratamentos que incluíram a aplicação do calcário dolomítico provocaram elevação do pH dos solos, como era esperado; o pH das duas primeiras camadas superficiais foi elevado à níveis acima de 6,00 e a apenas para níveis em

TABELA 4. Efeito dos diversos tratamentos sobre os valores de pH do solo a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	pH do solo					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	5,70a	4,97a	4,46b	6,37a	6,23a	5,07ab
NPKS+Calc+m	5,50ab	4,97a	4,50b	6,13a	6,00a	5,07ab
NPKS+Calc	5,77a	4,97a	4,57b	6,50a	6,77a	5,33a
E+NPKS	5,07cd	4,90ab	4,53b	5,27bc	5,10b	4,93ab
E	5,07cd	5,23a	5,37a	5,40b	5,33b	5,16a
NPKS+m	4,97c	4,77ab	4,43b	5,17bc	5,13b	5,06ab
NPKS	5,10bc	5,03a	4,53b	4,97cd	5,07bc	5,06ab
Sem adubos ou corretivos	4,67d	4,43b	4,57b	4,67d	4,43c	4,57b
D.M.S.	0,41	0,48	0,36	0,41	0,65	0,56
C.V. (%)	2,7	3,4	2,7	2,5	4,2	3,8

\*Determinado em água na relação 1:2,5

torno de 5,00 para a camada mais profunda na área entre as linhas, demonstrando um caminhar vertical muito lento do cálcio e magnésio, que pode ser verificado pelos teores destes nas diferentes camadas.

Nas áreas sob as copas dos cafeeiros o pH determinado foi menor, atingindo 5,5 a 5,7 na primeira camada, 4,97 na segunda camada e em torno de 4,50 na camada mais profunda, para os tratamentos que incluíram o calcário dolomítico. Como o calcário era aplicado sob as copas, supõe-se que houve uma movimentação deste material juntamente com os ciscos pela arruação, pois, os teores de cálcio e magnésio observados fo-



ram maiores nas áreas entre as linhas dos cafeeiros que sob as copas.

Os tratamentos que incluíram a aplicação do esterco sem aplicação de calcário dolomítico também tiveram o pH do solo elevado, como também os níveis dos teores de cálcio e magnésio. Estes efeitos possivelmente seriam explicados pelos elevados teores de cálcio e magnésio que foram trazidos no esterco de curral que, porém, não foi analisado.

O esterco também elevou mais o pH dos solos entre as linhas dos cafeeiros que sob as copas, nas duas primeiras camadas superficiais, onde o pH atingiu valores em torno de 5,00. Entre as linhas, o pH na primeira camada superficial elevou-se a níveis 5,27 e 5,40, respectivamente, para os tratamentos com E + NPKS e apenas E; na segunda camada os níveis foram de 5,10 e 5,33 e na terceira camada os níveis foram de 4,93 e 5,16. Verificamos com isso que a adição do NPKS aumentou a acidez por efeito da ação acidificante do sulfato de amônio, que foi uma das formas de adubo nitrogenado aplicado. Sob as copas os níveis de pH foram 5,07 para ambos os tratamentos na primeira camada superficial; 4,90 e 5,23 na segunda camada superficial para os tratamentos E + NPKS e apenas E na terceira camada os índices de pH foram 4,53 e 5,37, respectivamente, para os mesmos tratamentos citados.

#### 5.1.2. Efeitos sobre os teores de matéria orgânica

Houve um efeito significativo e positivo ao nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tratamentos sobre o solo da área amostrada entre as linhas dos cafeeiros e nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Na camada de 30 a 50 cm o efeito foi significativo e positivo ao nível de 5% de probabilidade. Na área sob a copa do cafeeiro o efeito foi significativo e positivo apenas para a profundidade de 10 a 20 cm, com 1% de probabilidade, não sendo significativo para as outras duas profundidades estudadas. A tabela 5 mostra os efei-

TABELA 5. Efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor da matéria orgânica do solo a diferentes profundidades em duas áreas

Tratamento	Teor da matéria orgânica (%)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	3,20a	2,33bc	2,00a	4,60a	2,63abc	2,20a
NPKS+Calc+m	3,00a	2,33bc	2,03a	3,87a	2,17c	2,33a
NPKS+Calc	2,53a	1,47d	2,17a	2,77c	2,53abc	2,27a
E+NPKS	2,50a	2,47abc	2,07a	3,70b	2,90ab	2,43a
E	2,97a	2,83a	2,23a	3,53b	3,00a	2,50a
NPKS+m	2,83a	2,56ab	2,33a	2,73c	2,50abc	2,33a
NPKS	2,63a	2,43bc	2,10a	2,60a	2,43bc	2,20a
Sem adubos ou corretivos	2,43a	2,33bc	2,17a	2,43c	2,33c	2,17a
d.m.s.	0,97	0,38	0,38	0,55	0,52	0,33
C.V. (%)	12,2	5,3	6,2	5,8	7,0	5,1

\* Determinado colorimetricamente após oxidação com dicromato de potássio.

tos médios dos diversos tratamentos sobre a porcentagem de matéria orgânica nos solos nas três profundidades das duas áreas amostradas.

Notamos porcentagens de matéria orgânica mais elevadas nos tratamentos com E + NPKS + Calcário + micronutrientes, que foram os tratamentos que proporcionaram melhor desenvolvimento das plantas e conseqüentemente maior retorno em forma de matéria orgânica verde que possivelmente contribuiu para o total de matéria orgânica, proporcionando também melhores condições para um maior metabolismo dos microorganismos do solo pela elevação do pH e fornecimento de micronutrientes, através

do calcário, esterco e micronutrientes.

Os tratamentos em que foram aplicados esterco de curral com e sem NPKS apresentaram porcentagens elevadas da matéria orgânica que em parte foi devida ao bom aspecto das plantas, que atingiram em média 2 m de altura e retornaram ao solo matéria orgânica verde. O calcário e micronutrientes contidos no esterco teriam tido nestes tratamentos uma ação de melhorar as condições para um maior metabolismo dos microorganismos.

O tratamento com NPKS + Calcário, apesar de provocar uma grande elevação do pH não favoreceu o desenvolvimento das plantas e nem o aumento da porcentagem de matéria orgânica.

O tratamento com NPKS + Calcário + micronutrientes provocou além de uma grande elevação do pH um aumento considerável na porcentagem de matéria orgânica. Porém as CTCs das amostras de solo correspondentes a este tratamento foram menores que as do tratamento com NPKS + Calcário.

Como os calcários contêm, em média, elevados teores de micronutrientes, VALADARES et alii (1974), e os estercos apresentam-se ricos em micronutrientes, fica levantada uma hipótese de que os microorganismos do solo apresentam um maior metabolismo em solos em que se elevem os teores de micronutrientes, desde que se eleve o pH a níveis adequados.

### 5.1.3. Efeitos sobre os teores de cálcio

Houve um efeito significativo de aumento do teor de cálcio, ao nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tratamentos sobre os solos nas três profundidades e nas 2 áreas amostradas, com exceção da profundidade de 30 a 50 cm sob a copa dos cafeeiros. A tabela 6 mostra os efeitos médios dos diversos tratamentos sobre o teor de cálcio nos solos nas três profundidades das duas áreas amostradas.

TABELA 6. Efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor de cálcio do solo a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Teor de cálcio (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20 cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20 cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	1,80a	0,43ab	0,10ab	5,70a	2,53a	0,60a
NPKS+Calc+m	1,13b	0,20bc	0,27ab	3,97b	1,87ab	0,67a
NPKS+Calc	1,07bc	0,43ab	0,17ab	2,73c	1,83b	0,50ab
E+NPKS	0,50c	0,23bc	0,10ab	1,73cd	1,00c	0,53ab
E	1,17b	0,67a	0,20a	2,33c	1,67b	0,33abc
NPKS+m	0,57cd	0,17c	0,10ab	0,93dc	0,60cd	0,23bc
NPKS	0,20d	0,20b	0,10ab	0,53dc	0,37cd	0,20bc
Sem adubos ou corretivos	0,10d	0,07c	0,03b	0,10c	0,07d	0,03c
d.m.s.	0,50	0,25	0,14	1,21	0,66	0,36
C.V. (%)	21,3	29,8	45,2	19,1	18,6	32,3

\* Extraído com KCL 1N e determinado por absorção atômica

O teor do cálcio foi mais baixo no tratamento NPKS mais esterco do que no tratamento com apenas esterco por efeito de acidificação do solo pelo sulfato de amônio, como FRANCO (1970) observou.

#### 5.1.4. Efeitos sobre os teores de magnésio

Houve um efeito significativo de aumento do teor de magnésio trocável, ao nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tratamentos sobre o solo nas três profundidades e nas duas áreas amostradas, com exceção da profundidade de 30 a 50 cm sob as copas dos cafeeiros. A tabela 7 mostra os efei-

TABELA 7. Efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor de magnésio do solo a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamentos	Teor de magnésio (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob as copas do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0a 10 cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50 cm
E+NPKS+Calc	0,67a	0,23ab	0,07	1,50a	1,10a	0,50a
NPKS+Calc+m	0,43a	0,10b	0,03	1,23b	0,83ab	0,43a
NPKS+Calc	0,40a	0,17b	0,07	1,03bc	0,83ab	0,33ab
E+NPKS	0,13a	0,07b	0,00	0,20d	0,10c	0,10c
E	0,57a	0,40a	0,01	0,83c	0,60b	0,13b
NPKS+m	0,13a	0,03b	0,00	0,13d	0,13c	0,03c
NPKS	0,13a	0,03b	0,00	0,10d	0,10c	0,00c
Sem adubos ou corretivos	0,00a	0,00b	0,00	0,00d	0,00c	0,00c
d.m.s.	0,54	0,20	0,09	0,21	0,31	0,29
C.V. (%)	61,2	53,6	103,5	11,5	23,3	52,3

\*Extraído com KCl 1N e determinado por absorção atômica

tos médios dos diversos tratamentos sobre o teor de magnésio nos solos nas três profundidades das duas áreas amostradas. Os teores mais elevados são observados entre as linhas dos cafeeiros, nos tratamentos que receberam calcário dolomítico, seguindo o que recebeu apenas esterco. A acidificação provocada pelo sulfato de amônio favoreceu uma menor retenção do magnésio no tratamento que recebeu esterco e NPKS resultando teores bem inferiores do nutriente, FRANCO (1970).

Os tratamentos que incluíram aplicações de calcário dolomítico apresentaram teores elevados de cálcio e magnésio nas duas primeiras camadas superficiais, sendo pequeno o efeito sobre a camada mais profunda devido ao pequeno caminha-

mento vertical destes nutrientes.

Os teores de cálcio e magnésio encontrados entre as linhas dos cafeeiros foram sempre mais elevadas que os encontrados sob as copas devido ao arrastamento horizontal destes nutrientes, provocados pelas práticas culturais de aração, anterior ao caminhamento vertical lento, devido a pequena velocidade de solubilização do calcário dolomítico.

Foram notados teores elevados de cálcio e magnésio nos solos em que foram aplicados apenas esterco de curral que, como já comentamos, era proveniente de uma região de solos férteis e conteria elevados teores destes nutrientes.

O calcário dolomítico além de elevar os teores de cálcio e magnésio, atuou como corretivo da acidez do solo elevando o pH dos solos, como já vimos anteriormente, eliminando o alumínio livre considerado tóxico às plantas e reduzindo os teores de hidrogênio titulável.

A atuação do calcário dolomítico como corretivo proporcionou valores mais elevados da CTC do solo quando houve disponibilidade de micronutrientes, além da disponibilidade de NPKS aplicados nos tratamentos. Esta observação viria consolidar a hipótese de RAIJ (1969) de que a calagem provocaria uma elevação da CTC da matéria orgânica total do solo.

#### 5.1.5. Efeitos sobre os teores de potássio

Houve um efeito significativo e positivo ao nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tratamentos sobre os solos na profundidade de 10 a 20 cm entre as linhas dos cafeeiros e nas profundidades de 10 a 20 cm e 30 a 50 cm sob a copa dos cafeeiros. O efeito foi significativo e positivo ao nível de 5% de probabilidade nas profundidades de 30 a 50 cm entre as linhas dos cafeeiros e 0 a 10 cm sob as copas dos cafeeiros. Não foi significativo à profundidade de 0 a 10 cm entre as linhas dos cafeeiros. A tabela 8 mostra os efeitos dos diversos tra-

TABELA 8. Efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor de potássio a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Teor de potássio (e.mg/ml TFSA)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	0,18a	0,06b	0,05b	0,09a	0,04a	0,03a
NPKS+Calc+m	0,15ab	0,09ab	0,05b	0,08a	0,03b	0,02a
NPKS+Calc	0,14ab	0,09ab	0,08a	0,08a	0,06a	0,04a
E+NPKS	0,09ab	0,07ab	0,05b	0,07a	0,04a	0,03a
E	0,17ab	0,12a	0,13a	0,10a	0,07a	0,04a
NPKS+m	0,15ab	0,13a	0,08a	0,09a	0,06a	0,05a
NPKS	0,16ab	0,13a	0,08a	0,06a	0,05a	0,04a
Sem adubos ou corretivos	0,06b	0,03b	0,02b	0,06a	0,03b	0,02a
d.m.s.	0,11	0,06	0,05	0,06	0,03	0,03
C.V. (%)	25,2	23,3	24,9	26,8	23,8	30,4

\* Extraído com  $H_2SO_4$  0,05N e determinado por fotometria de chama

tamentos sobre o teor de potássio nos solos nas três profundidades nas duas áreas amostradas.

Ao contrário dos outros nutrientes estudados o potássio acumulou-se mais nas áreas sob as copas dos cafeeiros. Isto pode ser explicado pelo fato do potássio ser mais facilmente arrastado que outros nutrientes, como citam CATANI e GALLO (1954) e CATANI e KUPPER (1946). O fato de ser mais facilmente deslocado verticalmente, permite que durante o ano agrícola haja este deslocamento anterior a prática da arruação. Nesta prática cultural são trazidos, juntamente com o solo superficial, que recebe diretamente a adubação os nutrientes pouco móveis verticalmente, como é o caso do fósforo, cálcio e magnésio.

A relação Ca/K encontrada nos solos que receberam os tratamentos com calcário dolomítico ou esterco de curral foi sempre acima de 20 para as profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm em duas áreas entre as linhas dos cafeeiros.

Para as amostras correspondentes ao tratamento com NPKS + Calcário dolomítico + Esterco de curral a relação está em torno de 60 para as duas profundidades próximas à superfície, devido ao cálcio do calcário somado ao cálcio contido no esterco de curral proveniente de um Latossolo Roxo de Ribeirão Preto.

#### 5.1.6. Efeitos sobre a soma dos cátions trocáveis

A soma dos cátions trocáveis é obtida pela soma dos teores de cálcio, magnésio e potássio, em miliequivalentes por 100 ml de T.F.S.A.

O efeito positivo dos tratamentos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade nas três profundidades, nas duas áreas amostradas. A tabela 9 mostra os efeitos médios dos diversos tratamentos sobre o valor da soma dos cátions nos solos nas três profundidades e nas duas áreas amostradas.

Nota-se que se destacaram os tratamentos que receberam o calcário dolomítico, seguido daquele que recebeu apenas esterco, especialmente para a área entre as linhas dos cafeeiros e nas duas camadas mais próximas da superfície do solo, por efeito do deslocamento dos nutrientes provocado pela arruação e pela pouca mobilidade vertical do calcário e magnésio.

#### 5.1.7. Efeitos sobre os teores de alumínio livre

Os coeficientes de variação determinados pelas análises estatísticas foram excessivamente altos, de modo a comprometer a precisão para estudos. A tabela 10 mostra os



TABELA 9. Efeitos dos diversos tratamentos sobre a soma dos cátions trocáveis a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Soma dos cátions trocáveis (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	2,67a	0,73ab	0,70abc	6,90a	3,67a	1,10a
NPKS+Calc+m	1,73bc	0,40bc	0,17abc	5,30b	2,70b	1,10a
NPKS+Calc	1,60bcd	0,70ab	0,33ab	3,87c	2,77b	0,87ab
E+NPKS	0,77dc	0,40c	0,13bc	2,00de	1,10c	0,63abc
E	1,90ab	1,17a	0,40a	3,26cd	2,37b	0,47bcd
NPKS+m	0,87&de	0,3 bc	0,20abc	1,16ef	0,80cd	0,30bcd
NPKS	0,50e	0,37bc	0,20abc	0,73ef	0,53cd	0,23cd
Sem adubos ou corretivos	0,20e	0,07c	0,03c	0,20f	0,07d	0,03d
d.m.s.	0,88	0,47	0,26	1,27	0,74	0,57
C.V. (%)	23,8	31,5	43,4	15,1	14,8	33,7

\* Obtida pela soma de Ca + Mg + K trocáveis

efeitos médios dos diversos tratamentos sobre o teor de alumínio livre nos solos nas três profundidades e nas duas áreas amostradas.

Nos tratamentos que receberam calcário dolomítico houve eliminação nas áreas entre as linhas dos cafeeiros do alumínio livre da primeira camada superficial. Quase todo o alumínio foi eliminado da segunda camada a 10-20 cm de profundidade. O calcário atuou mais fracamente na camada de 30-50 cm de profundidade. nas áreas entre as linhas dos cafeeiros. Nas áreas sob as copas a atuação do calcário dolomítico foi suficiente para eliminar quase todo o alumínio livre da primeira camada superficial. Insuficiente na segunda ca-

TABELA 10. Efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor de alumínio a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Teor de alumínio (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob a copa dos cafeeiros			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	0,13ab	0,43a	0,53abc	0,00	0,00	0,20a
NPKS+Calc+m	0,06b	0,30a	0,40bcd	0,00	0,03b	0,23a
NPKS+Calc	0,06b	0,23a	0,63ab	0,00	0,10b	0,10a
E+NPKS	0,50a	0,53a	0,60ab	0,26bc	0,36a	0,33a
E	0,20ab	0,23a	0,23d	0,06c	0,10b	0,26a
NPKS+m	0,40ab	0,53a	0,70a	0,23bc	0,30ab	0,33a
NPKS	0,26ab	0,43a	0,56ab	0,43ab	0,40a	0,40a
Sem adubos ou corretivos	0,43a	0,46a	0,30cd	0,53a	0,46a	0,30a
d.m.s.	0,41	0,40	0,27	0,20	0,29	0,31
C.V. (%)	57,8	35,4	18,9	36,1	45,0	40,1

\* Extraído com KCl 1N e determinado por titulação com NaOH

mada a 10-20 cm de profundidade, não eliminando praticamente nada do alumínio presente. Na camada de 30-50 cm ocorreu uma elevação dos teores de alumínio livre por efeito dos adubos acidificantes aplicados como o sulfato de amônio, pois esta elevação dos teores de alumínio livre é notada apesar de se encontrar maiores teores de cálcio e magnésio.

O esterco de curral aplicado isoladamente, pelo provável menor conteúdo em cálcio e magnésio, teve atuação semelhante, porém mais fraca do que a atuação do calcário dolomítico, nas duas áreas e nas três profundidades estudadas. Salientando-se, entretanto, uma atuação mais eficaz do esterco na profundidade de 30-50 cm sob as copas, onde o teor de

alumínio livre foi igual ao teor observado na camada de 10-20 cm e inferior aos teores verificados para os tratamentos que receberam calcário dolomítico. Nota-se que este teor está relacionado com a soma de bases observado, como era de se esperar por efeito dos cátions trocáveis.

#### 5.1.8. Efeito sobre os teores de hidrogênio titulável

Houve um efeito de diminuição do teor de hidrogênio titulável significativo ao nível de 1% de probabilidade nas três profundidades da área localizada entre as linhas das plantas e na profundidade de 10 a 20 cm sob a copa dos cafeeiros. Significativo ao nível de 5% de probabilidade de 0 a 10 cm sob a copa dos cafeeiros. Não significativo a profundidade de 30 a 50 cm sob a copa dos cafeeiros. A tabela 11 mostra os efeitos médios dos diversos tratamentos sobre o teor de hidrogênio livre nos solos, nas três profundidades e nas duas áreas amostradas.

Verifica-se que a adição de esterco + NPKS ou apenas o esterco provôcou a maior concentração de hidrogênio devido a formação de radicais hidroxilos e carboxilos da matéria orgânica em decomposição.

Os tratamentos que incluíram o calcário dolomítico mostraram uma menor concentração de hidrogênio, principalmente entre as linhas dos cafeeiros e nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. A elevação dos teores de hidrogênio sob as copas foi causada, pela ação acidificante do sulfato de amônio, e do esterco de curral que contribuem com radicais de hidrogênio livre.

Os tratamentos com esterco + calcário + NPKS e NPKS + Calcário + micronutrientes e NPKS + Calcário apresentaram os teores de hidrogênio livre inferiores aos teores do tratamento sem adubos ou corretivos. Apresentaram também altas porcentagens de matéria orgânica, superiores à porcentagens dos tratamentos sem adubos ou corretivos ou com NPKS com

TABELA 11. - Efeitos dos diversos tratamentos sobre o hidrogênio a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Teor de hidrogênio (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	4,70ab	4,46abc	3,96a	2,60dc	2,60c	3,56ab
NPKS+Calc+m	4,33ab	4,10bc	3,26a	1,50c	2,96c	3,36ab
NPKS+Calc	4,50ab	4,63ab	3,70a	5,50ab	2,66c	3,23b
E+NPKS	5,40a	4,73ab	3,50a	6,53a	5,60a	4,06a
E	4,73ab	4,93a	3,53a	5,40ab	4,70ab	4,10a
NPKS+m	5,06ab	4,30abc	3,73a	5,33ab	4,90a	3,83ab
NPKS	4,50ab	4,53ab	3,56a	4,76bc	4,53ab	3,86ab
Sem adubos ou corretivos	3,86b	3,76c	3,50a	3,86cd	3,76bc	3,50ab
d.m.s.	1,23	0,74	0,85	1,27	1,11	0,78
C.V. (%)	9,2	5,8	8,2	9,9	9,7	7,3

\* Extraído com acetato de cálcio pH 7 e titulado com NaOH

micronutrientes ou sem micronutrientes. Estes maiores teores de hidrogênio determinados são devidos aos hidroxilos<sup>6</sup>carboxilos resultantes da decomposição da matéria orgânica.

Nos tratamentos com E ou E + NPKS os teores de hidrogênio livre foram elevados em todas as profundidades e superiores aos teores do tratamento sem adubos ou corretivos e os teores de matéria orgânica foram tão ou mais elevados que os 3 tratamentos citados anteriormente por efeito direto da adubação do esterco de curral.

Os tratamentos com NPKS e NPKS + micronutrientes apresentaram níveis elevados de hidrogênio livre porém in-

feriores aos teores dos tratamentos com esterco. As porcentagens de matéria orgânica se apresentaram semelhantes às porcentagens apresentadas pelo tratamento sem adubo e sem esterco.

O tratamento com NPKS + Calcário apresentou na primeira camada um teor muito alto não se ajustando com os dados obtidos com os teores observados nas outras duas camadas mais profundas e condizentes com os dados obtidos nos outros dois tratamentos com calcário.

#### 5.1.9. Efeito sobre os valores da capacidade de troca catiônica

Houve um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm nas duas áreas amostradas e significativo ao nível de 5% de probabilidade na profundidade de 30 a 50 cm nas duas áreas. A tabela 12 mostra os efeitos médios dos diversos tratamentos sobre as CTCs encontradas nos solos nas três profundidades e nas duas áreas amostradas.

Verifica-se que a capacidade de troca de cátions elevou-se nos tratamentos em que foi aplicado o esterco, provavelmente pelo efeito já observado por RAIJ (1969) que o aumento da matéria orgânica aumenta a CTC. Também verifica-se a observação de RAIJ (1969), onde levanta uma hipótese de que a prática da calagem aumentaria a CTC da matéria orgânica, visto que nos solos em que foram aplicados E + NPKS + Calcário + micronutrientes e NPKS + Calcário os valores de CTC foram mais elevados que os dados obtidos nos tratamentos correspondentes sem o calcário, por efeito provavelmente do maior metabolismo dos microorganismos, conforme citam BUCKMAN e BRADY (1960), HALLSWORT e WILKINSON (1958), McGEORGE (1971) e BROADBENT (1953).

TABELA 12. Efeito dos diversos tratamentos sobre a capacidade de troca catiônica a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Capacidade de troca catiônica (e.mg/100 ml TFSA)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	7,50a	5,63ab	4,50ab	9,56a	6,26ab	4,86a
NPKS+Calc+m	6,46ab	4,80bc	3,76b	6,80b	5,70b	4,70ab
NPKS+Calc	6,16ab	5,56ab	4,46ab	9,36a	5,53b	4,20ab
E+NPKS	6,66ab	5,66ab	4,40ab	8,80a	7,06a	5,03a
E	6,83a	6,33a	4,16ab	8,73a	7,16a	4,83a
NPKS+m	6,33ab	5,16bc	4,63a	6,73a	6,00ab	4,46ab
NPKS	5,26bc	5,33b	4,33ab	5,93cd	5,46b	4,50ab
Sem adubos ou corretivos	4,60c	4,30c	3,83a	4,60d	4,30c	3,83b
d.m.s.	1,41	0,90	0,86	1,78	1,16	0,96
C.V. (%)	7,8	5,9	7,0	8,1	6,8	7,3

\*Obtida pela soma de Ca+Mg+K+Al+H

#### 5.1.10. Efeito sobre os valores de porcentagem de saturação de bases (valor V%)

Houve um efeito positivo e significativo ao nível de 1% de probabilidade nas três profundidades das áreas entre as linhas dos cafeeiros e nas duas profundidades próximas a superfície das áreas sob as copas dos cafeeiros. Não houve efeito significativo à profundidade de 30 a 50 cm da área sob as copas dos cafeeiros, porém o coeficiente de variação foi muito elevado comprometendo a sua precisão para estudo. A tabela 13 mostra os efeitos dos diversos tratamentos sobre o valor da porcentagem de saturação em bases (V%) nos solos amos-

TABELA 13. Efeito dos diversos tratamentos sobre a porcentagem de saturação de bases a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Porcentagem de saturação de bases (%)					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	36,47a	20,79ab	12,46cd	58,28a	50,00a	28,38ab
NPKS+Calc+m	31,24a	16,75ab	9,78ab	62,06a	43,63a	28,91a
NPKS+Calc	30,50ab	20,69ab	15,47ab	40,00b	45,19a	26,54ab
E+NPKS	19,95bc	14,85bc	9,27ab	28,65c	23,31c	21,11abc
E	31,93a	25,49a	18,08a	37,65b	35,24b	17,98bc
NPKS+m	20,53bc	14,80bc	17,00ab	24,54cd	21,37c	14,85c
NPKS	17,82c	15,03bc	12,46ab	20,84d	19,00c	13,34cd
Sem adubos ou corretivos	11,54c	5,42c	3,33b	11,54e	5,42d	3,33d
d.m.s.	10,60	9,76	13,04	5,22	7,87	10,56
C.V. (%)	14,7	20,2	39,0	5,1	9,0	19,0

\* Obtida pelo quociente  $100 \left( \frac{\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}}{\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}+\text{H}+\text{Al}} \right)$

trados nas três profundidades nas duas áreas.

Verifica-se que os valores mais elevados foram encontrados nos solos em que os tratamentos incluíam o calcário dolomítico e tiveram efeito até a profundidade de 20 cm nas duas áreas, sendo maior porém na área entre as linhas dos cafeeiros.

As curvas de correlação entre a porcentagem de saturação de bases e os valores de pH encontrados são de equação  $Y = 4,23 + 0,04 X$  na qual o fator de correlação  $r = 0,83$  para a profundidade de 0 a 10 cm;  $Y = 4,24 + 0,04 X$  na qual  $r = 0,93$  à profundidade de 10 a 20 cm e  $Y = 4,16 + 0,04 X$  na

qual  $r = 0,56$  à profundidade de 30 a 50 cm nas áreas sob as copas dos cafeeiros; sendo positivas e significativas ao nível de 1% de probabilidade as correlações obtidas nas duas primeiras profundidades estudadas. As curvas obtidas nas áreas entre as linhas dos cafeeiros são de equação:  $Y = 4,66 + 0,03 X$  na qual  $r = 0,75$  para a profundidade de 0 a 10 cm;  $Y = 4,23 + 0,04 X$  na qual  $r = 0,97$  para a profundidade de 10 a 20 cm e  $Y = 4,64 + 0,02 X$  na qual  $r = 0,74$ , sendo significativa apenas a correlação obtida na profundidade de 10 a 20 cm.

A porcentagem de saturação foi calculada pelo coeficiente da soma de bases pela soma de bases mais concentração de hidrogênio titulável. Pode ser também obtida por métodos de lavagens que provocam a substituição dos íons por um cátion cuja quantidade absorvida é posteriormente determinada.

Os valores da porcentagem de saturação em bases atingiram valores que se consideram médios para os tratamentos com esterco mais NPKS mais calcário e NPKS mais calcário e mais micronutrientes; baixos para os tratamentos NPKS mais calcário, esterco mais NPKS e apenas esterco; muito baixos para os tratamentos com NPKS mais micronutrientes, e NPKS apenas; porém todos os tratamentos tiveram uma porcentagem de saturação em bases maiores que aquela encontrada no tratamento controle.

Estes resultados nos apontam a importância da correção solo com calcário dolomítico e micronutrientes que proporcionam as melhores condições para o desenvolvimento das plantas, como ocorrido nas plantas que desenvolveram nos solos em que estes tratamentos foram aplicados.

#### 5.1.11. Efeito sobre os teores de fósforo

A tabela 14 mostra os efeitos dos diversos tratamentos sobre o teor de fósforo nos solos nas três profundidades e nas duas áreas amostradas.

Os teores de fósforo encontrados foram muito bai-



TABELA 14. Efeitos dos diversos tratamentos no teor de fósforo a diferentes profundidades em duas áreas\*

Tratamento	Teor de fósforo ( $\mu\text{g}/100 \text{ ml TFSA}$ )					
	Sob a copa do cafeeiro			Entre as linhas dos cafeeiros		
	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm	0 a 10cm	10 a 20cm	30 a 50cm
E+NPKS+Calc	9	1	0	32	4	0
NPKS+Calc+m	2	1	0	38	3	1
NPKS+Calc	6	1	1	28	3	1
E+NPKS	5	1	1	16	4	1
E	3	1	1	11	4	1
NPKS+m	2	1	1	8	2	1
NPKS	2	1	1	6	2	1
Sem adubos ou corretivos	-	-	-	1	1	0

\*Extração com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N e determinação colorimétrica.

xos não permitindo uma análise estatística para comparação.

Notamos quantidades maiores apenas nos tratamentos em que foram aplicados esterco de curral e ou calcário dolomítico e estes níveis mais elevados foram notados na primeira camada de 0 a 10 cm e entre as linhas dos cafeeiros, demonstrando que houve uma movimentação horizontal provocada pela aruação e que o fósforo é muito pouco móvel verticalmente.

#### 5.2. Efeitos dos contrastes estudados sobre as propriedades químicas de solos.

Foram estudados os efeitos do esterco, calcário dolomítico e micronutrientes aplicados nos diversos tratamentos por meio dos contrastes: efeito do esterco (tratamento 2, 3 e 4

versus tratamentos 5, 6, 7 e 8), efeito do calcário (tratamento 6 e 8 versus tratamentos 5 e 7), efeito dos micronutrientes (tratamentos 7 e 8 versus tratamentos 5 e 6).

5.2.1. Efeitos observados em amostras de solo coletadas entre as linhas dos cafeeiros à profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm

Os efeitos significativos e positivos sobre cada valor determinado através da análise química estão expostos na tabela 15.

Observa-se nesta tabela que o esterco influenciou aumentando os teores de matéria orgânica, cálcio e magnésio da camada de 0 a 10 cm de profundidade, aumentando os valores da soma de bases trocáveis e a porcentagem de saturação de bases; na profundidade de 10 a 20 cm afetou, aumentando apenas o teor de cálcio, o valor da soma de bases trocáveis e a capacidade de troca catiônica.

O calcário elevou, na camada de 0 a 10 cm, os valores de pH, matéria orgânica, cálcio e magnésio, aumentando os valores da soma de bases trocáveis, capacidade de troca catiônica e a porcentagem de saturação de bases; na camada de 10 a 20 cm os valores elevados foram pH, cálcio e magnésio, aumentando a soma de bases trocáveis e a porcentagem de saturação de bases; na camada de 30 a 50 cm aumentou pouco os teores de cálcio e magnésio.

A aplicação do calcário dolomítico por meio de incorporação pela aração e gradagem deverá ser objeto de interessante estudo para verificação do comportamento da cultura, visto que é de se esperar que as condições observadas até a profundidade de 10 a 20 cm seriam estendidas para camadas mais profundas, melhorando as condições químicas do solo no qual se desenvolvem grande parte do sistema radicular da planta.

Os micronutrientes aplicados apenas aumentaram

TABELA 15. Efeitos significativos do esterco, calcário e micronutrientes aplicados, verificados pelos contrastes estudados sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo coletado em áreas localizadas entre as linhas dos cafeeiros a diferentes profundidades

Profundidade (cm)	valor determinado	pH	M.O.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K	Soma Al <sup>+++</sup>	F <sup>+</sup>	CTC	V%
	contraste									
0 a 10	A.Efeito do esterco		4,88	3,09	0,69		4,37			41,46
	B.Efeito do calcário	2,71	1,05	6,21	2,89		9,44		0,43	75,05
	C.Efeito dos micronutrientes									13,53
10 a 20	A.Efeito do esterco			0,60			0,78		1,38	
	B.Efeito do calcário	1,81		2,80	1,81					58,15
	C.Efeito dos micronutrientes									
30 a 50	A.Efeito do esterco									
	B.Efeito do calcário			0,05	0,51		0,67			
	C.Efeito dos micronutrientes									

a porcentagem de saturação de bases na profundidade de 0 a 10cm.

5.2.2. Efeitos observados em amostras de solos coletados sob a copa do cafeeiro às profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20cm, e 30 a 50cm

Os efeitos significativos e positivos sobre cada valor determinado através da análise química estão expostos na tabela 16.

Observa-se que só foram obtidos efeitos significativos na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

O esterco influenciou aumentando os teores de cálcio, os valores da soma de bases trocáveis e a capacidade de troca catiônica. O cálcio influiu aumentando os valores de pH, cálcio, soma de bases e porcentagem de saturação de bases. Os micronutrientes afetaram o teor de hidrogênio livre aumentando-o.

5.3. Estudo comparativo dos efeitos dos diversos tratamentos sobre as propriedades químicas em amostras coletadas entre as linhas dos cafeeiros e sob a copa do cafeeiro, às profundidades de 0 a 10cm, 10 a 20 cm e 30 a 50 cm

Foram estudados, para todos os valores obtidos pelas análises químicas nas três profundidades e nas duas áreas de amostragem, as diferenças entre os valores obtidos nas áreas entre as linhas dos cafeeiros e os valores obtidos nas áreas sob as copas. As diferenças médias se encontram nas tabelas 17, 18 e 19, classificados segundo os grupos significativamente diferentes.

As tabelas citadas permitem verificação de uma diferente acumulação dos nutrientes nas duas áreas, sendo maior a acumulação para todos os nutrientes nas áreas localizadas entre as linhas dos cafeeiros, com exceção do potássio

TABELA 16. Efeito significativo do esterco, calcário e micronutrientes aplicados, verificados pelos contrastes estudados sobre os valores determinados pelas análises químicas do solo coletado em áreas localizadas sob as copas dos cafeeiros a diferentes profundidades

Profundidade (cm)	valor determinado contraste	P	M.O.	Ca	Mg	K	Soma	Al	H	CTC	V%
0 a 10	A.Efeito do esterco			0,72			0,14			0,93	
	B.Efeito do calcário	0,95		1,65			1,94				17,4
	C.Efeito dos micronutrientes								6,54		
10 a 20	A.Efeito do esterco										
	B.Efeito do calcário										
	C.Efeito dos micronutrientes										
30 a 50	A.Efeito do esterco.										
	B.Efeito do calcário										
	C.Efeito dos micronutrientes										

que foi acumulado em maiores concentrações sob as copas dos cafeeiros. Maiores teores de alumínio livre foram encontradas sob as copas dos cafeeiros por efeito dos tratamentos e da arruação que movimentou os produtos aplicados. Ainda houve maior concentração de hidrogênio titulável sob as copas dos cafeeiros, em alguns casos em que foi aplicado o calcário.

Esta verificação sugere estudos à respeito do local de amostragens de solo para fins de fertilidade de solo e pareceres de adubação para as culturas de cafeeiros estabelecidas, considerando-se que o sistema radicular das plantas, estudadas por FRANCO e INFORZATO (1946); INFORZATO e REIS (1975), se distribuem em um gradiente que se distanciam do tronco da planta com porcentagens decrescentes do peso total de raízes. Estudos mais pormenorizados com determinação de porcentagens de raízes distribuídas de acordo com seus diâmetros e suas funções de absorção, nos dariam condições para se avaliar o aproveitamento dos nutrientes encontrados a diferentes distâncias do tronco da planta, sendo possível que a área de melhor aproveitamento esteja realmente nas áreas entre as linhas dos cafeeiros.

TABELA 17. Diferença média dos efeitos dos diversos tratamentos sobre os valores determinados pelas análises químicas em amostras coletadas entre as linhas dos cafeeiros e sob as copas dos mesmos à profundidade de 0 a 10 cm

Tratamento	pH	M.O.	Ca	Mg	K	Al	H	CTC	V%
E+NPK +Calcário	0,67ab	1,40ab	3,50a	0,63a	0,09	-0,13b	-2,03b	2,07a	21,81b
NPK+Calcário+Micronutrientes	0,63ab	0,87b	2,83b	0,80a	0,08	-0,07a	-2,83b	0,33c	30,32a
NPK+Calcário	0,73a	0,23c	1,67c	0,63a	0,06	-0,07a	1,00a	3,20a	9,50c
E+NPKS	0,20b	1,20ab	1,23c	0,07b	0,02	-0,23b	1,13a	0,13c	8,71c
E	0,33b	1,57a	1,17c	0,27b	0,08	-0,13b	0,67a	1,90b	5,72c
NPKS+Micronutrientes	0,20b	-0,10c	0,37d	0,00b	0,05	-0,17b	0,27a	0,40c	4,01c
NPK	0,13b	-0,03c	0,33d	0,10b	0,10	0,17a	0,47a	0,67c	3,01c
d. m. s.	0,38	0,55	0,65	0,32	0,09	0,27	1,10	1,22	7,36

TABELA 18. Diferença média dos efeitos dos diversos tratamentos sobre os valores determinados pelas análises químicas em amostras coletadas entre as linhas dos cafeeiros e sob as copas dos mesmos à profundidade de 10 a 20 cm

Tratamento	pH	M.O.	Ca	Mg	K	Al	H	CTC	V%
E+NPKS+Calcário	1,27a	0,30ab	2,10a	0,87a	0,02	-0,43b	-1,87d	0,63a	29,21a
NPK+Calcário+Micronutrientes	1,03a	-0,17c	1,67b	0,73a	0,05	-0,27ab	-1,13d	0,90a	26,88a
NPK+Calcário	1,30a	0,07bc	1,40b	0,67a	0,03	-0,13a	-1,97d	0,03b	24,50a
E+NPK	0,20b	0,43a	0,77c	0,03b	0,03	-0,17ab	0,87a	1,4 a	8,46b
E	0,10b	0,17ab	1,00c	0,20b	0,06	-0,13a	-0,23c	0,83a	9,75b
NPK+Micronutrientes	0,37ab	-0,17c	0,43d	0,10b	0,08	-0,23cd	0,60ab	0,83a	6,57b
NPK	0,03b	0,00bc	0,17d	0,07b	0,06	-0,13a	0,00bc	0,13b	3,07c
d. m. s.	0,50	0,31	0,41	0,22	20	0,28	0,82	0,99	5,42



TABELA 19. Diferença média dos efeitos dos diversos tratamentos sobre os valores determinados pelas análises químicas em amostras coletadas entre as linhas dos cafeeiros e sob as copas dos mesmos à profundidade de 30 a 50 cm

Tratamento	pH	M.O.	Ca	Mg	K	Al	H	CTC	V%
E+NPK+Calcário	0,60a	0,20ab	0,50ab	0,43a	0,02	-0,33b	-0,40	0,37a	15,92a
NPK+Calcário+Micronutrientes	0,57a	0,30ab	0,60a	0,40a	0,03	-0,17a	0,10	0,93a	19,12a
NPK+Calcário	0,77a	0,10bc	0,33b	0,27ab	0,04	-0,53c	-0,47b	0,27b	11,07a
E+NPK	0,40a	0,37a	0,43ab	0,10b	0,02	-0,27a	0,57a	0,63c	11,84a
E	-0,20b	0,27ab	0,13b	0,03b	0,09	0,03a	0,57a	0,67a	0,10b
NPKS+Micronutrientes	0,63a	-0,10c	0,13b	0,03b	0,04	-0,37b	0,10ab	0,03a	2,85b
NPK	0,53a	0,10bc	0,10b	0,00b	0,04	-0,17a	0,30ab	0,17a	0,88b
d. m. s.	0,42	0,24	0,23	0,20	15	0,25	0,83	0,96	10,39

## 6. CONCLUSÕES

- 1- Nos tratamentos em que foi aplicado o calcário dolomítico houve elevação da porcentagem de matéria orgânica do solo das duas primeiras camadas superficiais da área entre as linhas dos cafeeiros.
- 2- Nos tratamentos em que foram aplicados o zinco e o boro houve um incremento na elevação da porcentagem de matéria orgânica proporcionada pelo calcário dolomítico na primeira camada superficial da área entre as linhas dos cafeeiros.
- 3- O calcário dolomítico aplicado em cobertura provocou efeitos suficientes de correção do solo apenas até a profundidade de 20 cm na área entre as linhas dos cafeeiros.
- 4- O esterco de curral melhorou as características químicas do solo, porém, estas foram inferiores aquelas proporcionadas pelo calcário dolomítico.
- 5- A aplicação do esterco de curral na presença de NPKS provocou uma diminuição dos teores dos cátions trocáveis e elevação dos teores de hidrogênio e alumínio livre, observados quando o esterco de curral foi aplicado na ausência de NPKS.
- 6- Houve uma movimentação horizontal dos nutrientes aplicados sob as copas para as entre linhas dos cafeeiros, com exceção do potássio devido a raspagem da camada superficial do solo para as entre linhas dos cafeeiros na operação de arruação.

## 7. SUMMARY

### CHEMICAL PROPERTIES OF A CERRADO SOIL UNDER A EXPERIMENTAL FIELD

The chemical properties of soil samples collected from a coffee experimental field were studied. The soil a Red Yellow Latossol of Batatais, São Paulo, Brazil, on which coffee was grown for thirteen years, with several fertilizer treatments including combinations of NPKS, lime, animal manure and micronutrients zinc and boron.

Soil samples were collected from three replications of the treatments both between the rows of coffee plant and under the crowns of the plants, at the depths of 0-10 cm, 10-20 cm and 30-50 cm.

The application of dolomitic lime promoted stone increase of soil organic mater and the addition of zinc and boron further promoted this increase.

The application of dolomitic lime stone improved the chemical characteristics of the soil more that manure. The application of mineral fertilizers containing NPKS reduced exchangeable cations and increased hydrogen and aluminium contents.

Fertilizeres applied as dressings under the crowns of the plants were found to spread laterally with the exception of potassium which was **found** concentrated under the crowns of the plants.

## 8. LITERATURA CITADA

- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. 1965. Levantamento do Teor de Boro em Alguns Solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, USP, 135 p. (Tese de Livre Docência).
- BROADBENT, F.E. 1953. The soil Organic Fraction. In Norman, A.G., ed. Advances in Agronomy, 5. New York, Academic Press, p. 153-183.
- BUCKMAN, H.O. e BRADY, N.C. 1960. The Nature and Properties of Soils. 6<sup>th</sup> ed. New York, Mac Millan Company, 567 p.
- CATANI, R.A. e A. KUPPER. 1946. Algumas Características Químicas dos solos do Estado de São Paulo e Sua Interpretação Analítica. Bragantia, Campinas 6:147-163.
- CATANI, R.A. e A. KUPPER. 1949. As formas trocável e fixa dos cátions  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  nos solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas 9:185-192.
- CATANI, R.A. e GALLO, J.R. 1954. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. Bragantia, Campinas, 13:75-83.
- CATANI, R.A. e GALLO, J.R. 1955. Avaliação da Exigência em Calcário dos Solos do Estado de São Paulo mediante Correlação entre pH e a porcentagem de saturação de Bases. Revista de Agricultura. Piracicaba, 30:49-60.

- COLEMAN, N.T. e MEHLICH, A. 1957. The Chemistry of Soil pH. In: The O.S. Dep. Agric. Soil The 1957 year book of agriculture. Washington, The O.S. Gov. Printing Office, p. 72-79.
- FRANCO, C.M. e R. INFORZATO. 1946. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas 7:443-478.
- FRANCO, C.M., LAZZARINI, W., CONAGIN, A., REIS, A.J. e MORAES, F.R.P. 1960. Manutenção do cafezal com Adubação Exclusivamente Mineral. Bragantia, Campinas, 19:523-546.
- FRANCO, C.M. e MEDINA, H.P. 1960. Arrastamento do K e P pela água de infiltração do solo, Bragantia, Campinas, 19: LXXIII - LXXXVI.
- FRANCO, C.M. 1970. Efeito de adubações minerais exclusivas e contínuas sobre a fertilidade do solo. Bragantia, Campinas, 29:139-151.
- GALLO, J.R., HIROCE, R., COELHO, F.A.S. e TOLEDO, S.V. 1967. Levantamento do estado nutricional de Cafezais de São Paulo pela análise foliar. I - Solo Massapé-salmourão. Bragantia, Campinas, 26:103-108.
- GALLO, J.R., HIROCE, R., BATAGLIA, O.C. e MORAES, F.R.P. 1970. Levantamento de cafezais do Estado de São Paulo pela Análise foliar. II - Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo Orto. Bragantia, Campinas, 29:237-248.
- HALLSWORTH, E.G. e WILKINSON, G.K. 1958. The contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of the soil. J. Agric. Sci., 51:1-3.
- KUPPER, A., GROHMANN, F. e GARGANTINI, H. 1953. Movimento de íons  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{PO}_4^{--}$  em solos Massapé, Roxa Misturada e Arenito. Instituto Agronômico (Boletim 34) Campinas, 8p.
- INFORZATO, R. e REIS, A.J. 1974. Sistema radicular do cafeeiro. Instituto Agronômico (Boletim 40) Campinas, 7p.

- LAZZARINI, W., MORAES, F.R.P., MORAES, M.V., TOLEDO, S.V. e FIGUEIREDO, J.I. 1967. A experimentação cafeeira - Campinas, Instituto Agronômico, 292p.
- LAZZARINI, W., MORAES, F.R.P., CERVELLINI, G.S., TOLEDO, S.V. FIGUEIREDO, J.I., REIS, A.J., CONAGIN, A. e FRANCO, C.M. 1975. Cultivo do café em latossolo vermelho amarelo da Região de Batatais. Bragantia, Campinas, 34:229-239.
- LOTT, W.L., McCLUNG, A.C. e MEDCALE, J.C. (S.D.). Deficiência de enxofre no cafeeiro . IBEC. Research Institute. (Bol. 22) São Paulo, 46p.
- MC GEORGE, W.T. 1971. The base-exchange properties of soil organic matter. J. Amer. Soc. Agron. 23:331-336.
- MEDINA, H. e F. GROHMANN. 1966. Disponibilidade de água em alguns solos sob cerrado. Bragantia: Campinas, 25:65-76.
- PRATT, P.F. (S.D.) Terminal report. IRI. Research Institute p. 20-60 (mimeografado).
- RAIJ, B. VAN, SACHETO, M.J. e IGUE, T. 1968. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. Bragantia, Campinas, 27:193-200,
- RAIJ, B. VAN. 1969. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. Bragantia, Campinas, 28:85-112.
- VALADARES, J.M. 1972. O zinco em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP. (Tese de Doutorado).
- VALADARES, J.M., O.C. BATAGLIA e P.R.; URLANI. 1974. Estudos dos materiais calcários usados como corretivo do solo no Estado de São Paulo. III - Determinação do Mo, Co, Cu, Zn, Mn e Fe. Bragantia, Campinas, 33:147-152.
- VERDADE, F.C. 1956. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. Bragantia, Campinas, 15:35-42.

VERDADE, F.C. 1960. Composição química de alguns solos d  
Estado de São Paulo. II - Elementos P e Mn. Bragantia,  
Campinas, 19:567-578.

VIEGAS, G.P. e FREIRE, E.S. 1958. Adubação do Milho, XII -  
Efeito Residual do Potássio. Bragantia, Campinas, 17:  
345-351.