

RESPOSTAS DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L. cv. CATUAI)
À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA EM SOLOS DE BAIXA
FERTILIDADE DO SUL DE MINAS GERAIS

PAULO TÁCITO GONTIJO GUIMARÃES

Orientador: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1986

À meus pais, irmãos e à minha
esposa Juliana,

DEDICO e OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa sua gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, em especial:

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, pela oportunidade proporcionada para realização do curso de Pós-Graduação e à elaboração do presente trabalho.

Ao Professor Eurípedes Malavolta, pela dedicada e eficiente orientação, pela amizade e consideração pessoal.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP, através do Setor de Processamento de Dados, pela permissão das análises estatísticas.

Aos Srs. Feliciano Libânio da Silveira, proprietário da Fazenda Campinho e Emanuel Gomes Alves, proprietários do Sítio Aleluia, em Alfenas e Paulo Teixeira em Machado, pelo empréstimo das áreas para instalação dos ensaios.

Aos colegas Francisco Morel Freire, Francisco de Assis Tavares, Heitor P. Xavier, Carlos C. A. Melles, Toshio Hara, Antônio de P. Nacif, Silas Pereira de Souza, José de Moraes, José Maria do

A. Resende, Júlio César de Souza, José Messias de Miranda, Milton Moreira de Carvalho e José Osmar P. da Costa, pela valiosa colaboração.

Ao Eng^o Agrônomo Carlos Henrique Matioli pelo auxílio na análise estatística assim como à Srta. Vânia Messias pela colaboração na tabulação dos dados.

Ao amigo Valdemar Faquin e demais colegas do curso de Pós-Graduação, pela amizade e pela convivência.

Às colegas, Maria Gabriela de Abreu, pelos trabalhos datilográficos e Marisa Fortes Ribeiro pela revisão linguística.

CE

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Solos usados para a cafeicultura na Região Sul de Minas Gerais	6
2.2. Respostas do cafeeiro à adubação com macronutri- entes	7
2.2.1. Exigências nutricionais	7
2.2.2. Situação nutricional das lavouras cafeei- ras	10
2.2.3. Respostas do cafeeiro a N, P e K	11
2.2.4. Respostas do cafeeiro à adubação mineral em relação à orgânica	20
2.3. Relação entre níveis de fertilidade do solo ou doses de adubo e a produção	24
2.3.1. Correlação entre as respostas do cafeei- ro e os teores em solos	32
2.4. Efeitos da alternância de produção	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1. Localização e solos dos ensaios	41

3.2. Caracterização química e granulométrica dos solos das áreas experimentais	42
3.3. Delineamento experimental	43
3.4. Os tratamentos	44
3.5. Preparo do solo e instalação dos ensaios	45
3.5.1. Análise do calcário e da matéria orgânica	46
3.5.2. Instalação dos ensaios	47
3.5.3. Cultivar	48
3.5.4. Plantio	48
3.6. Tratos culturais	48
3.7. Dados coletados	49
3.7.1. Produção	49
3.7.2. Amostras de solo	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Produção nos biênios em relação às doses de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O na presença e ausência de matéria orgânica	51
4.2. Efeito da matéria orgânica na complementação de doses de NPK em desbalanço	76
4.3. Produção anual de café em relação às doses de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O na presença e ausência de matéria orgânica	78
4.3.1. Produção anual absoluta em relação às doses de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O	78

4.3.2. Produção relativa de café por ano e por local e nos diferentes anos e locais, em relação a doses crescentes de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O	96
4.4. Relação entre a produção relativa de café e os teores de fósforo e potássio no solo	106
4.4.1. Relação entre a produção de café e os teores de fósforo no solo	109
4.4.2. Relação entre a produção relativa de café e os teores de K no solo	114
5. CONCLUSÕES	125
6. BIBLIOGRAFIA CITADA	128

RESPOSTAS DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L. cv. CATUAÍ) À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA EM SOLOS DE BAIXA FERTILIDADE DO SUL DE MINAS GERAIS.

Autor: Paulo Tácito Gontijo Guimarães

Orientador: Prof. Eurípedes Malavolta

RESUMO

A baixa produtividade brasileira, dentre várias causas, deve-se à falta de uma adubação adequada. Aliado a este fato sabe-se que nos últimos anos os novos plantios de cafeeiros em Minas Gerais principalmente, têm sido feitos em solos de baixa fertilidade natural.

O presente trabalho teve como objetivo conhecer: a) as curvas de respostas do cafeeiro submetido a adubação NPK em solos de baixa fertilidade; b) os efeitos da matéria orgânica como fonte e melhorando o suprimento de nutrientes para o cafeeiro; c) níveis adequados e ajuste nas adubações para os anos de alta e baixa produção e, d) relações entre teores dos nutrientes no solo e as produções, estabelecendo níveis críticos e classes de fertilidade do solo.

Os ensaios foram instalados em quatro solos onde se planta o cafeeiro no Sul de Minas Gerais, um Latossolo Vermelho Escuro (LE) em Machado e Alfenas, um Latossolo Vermelho Escuro Húmico (LEH) em Alfenas, todos sob vegetação

de cerrado e um Latossolo Roxo Distrófico (LRD) sob vegetação de floresta tropical subperenifólia transicional para cerrado em S.S. do Paraíso.

O delineamento experimental foi um fatorial 3 x 3 x 3 com parcelas subdivididas onde combinou-se doses de N, P e K na presença e ausência de matéria orgânica, como esterco de galinha. Plantou-se cafeeiros da cultivar Catuaí espaçados de 4,0 x 1,0 m utilizando-se uma muda por cova e durante a condução dos ensaios, foram coletados os dados de produção e periodicamente feitas análises de solos.

As curvas de resposta no LE de Machado e Alfenas e no LEH de Alfenas evidenciaram que doses intermediárias de N foram suficientes para produções máximas ocorrendo também nestes solos respostas relevantes a P e quanto ao K, este pareceu ser o nutriente mais limitante à produção nos quatro solos estudados.

Ocorreram respostas generalizadas a adição de matéria orgânica, a exceção quando feita no LRD de S.S. do Paraíso. As adubações NPK em suas melhores relações, na ausência de matéria orgânica, proporcionaram produções elevadas mostrando que nestas condições esta poderia ser dispensada. Em relações desfavoráveis a matéria orgânica, corrigiu desbalanços nutricionais aumentando a produção.

As correlações entre doses de fertilizantes e produções relativas demonstraram que a produção máxima na primeira colheita correspondeu a uma dose de 122,0 g de P_2O_5 /cova

aplicada no plantio; a uma dose de 75,0 g/cova na 3a. colheita e a 58,5 g/cova na 5a. colheita, nos locais onde as respostas a P foram significativas. Em nenhum local, nos anos de baixa produção as respostas a P foram significativas. Quanto ao K, produções máximas na primeira colheita corresponderam a uma dose de 72,0 g de K_2O /cova; a uma dose de 113,0 e de 118,0 g de K_2O /cova respectivamente na ausência e presença de matéria orgânica, na 3a. colheita e a 191,0 g de K_2O /cova na 5a. colheita.

O nível crítico de P no solo, correspondente a uma produção relativa de 90% da produção máxima foi de 0,089 e.mg/100 cm³ de solo (9.2 ppm), nos locais e anos em que as respostas foram significativas. O nível crítico de K no solo foi de 0,287 e.mg/100 cm³ de solo (112 ppm) nos anos de alta produção e de 0,15 e.mg/100 cm³ de solo (60 ppm) nos anos de baixa produção, nos locais em que as respostas a este nutriente foram significativas.

RESPONSES OF COFFEE (*Coffea arabica* L. cv. CATUAÍ) TO THE MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION IN SOILS OF LOW FERTILITY IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL.

Author: Paulo Tácito Gontijo Guimarães

Adviser: Eurípedes Malavolta

SUMMARY

The low average yields of the coffee plantations in Brazil is due to various causes, lack of adequate fertilization being one of them. In the particular case of the South of the State of Minas Gerais, it is well known, on the other hand, that new plantations have been established in soils of low original fertility.

The present study had the following goals: (1) to obtain response curves to N, P, and K in soils of low original fertility; (2) verifying the effects of organic matter addition in combination with mineral fertilizers; (3) To ascertain adequate levels and to find out the necessary adjustments in the fertilizer programme taking into account the biannual habit of bearing of the coffee plantations; (4) to obtain calibration curves describing the relationship between the levels of nutrients in the soil and coffee yields, as well as to establish soil fertility classes.

The experiments were laid out in four places ,

in the Southern region of the State of Minas Gerais, namely - Alfenas County (Dark Red Latosol, LE, and Humic Dark Red Latosol, LEH); Machado County (Dark Red Latosol, LE); S. Sebastião do Paraíso County ("Roxo" Latosol Distrophic, LRD). Whilst in the cases of Alfenas and Machado the soils were originally under "cerrado" vegetation, the LRD was under tropical sub-perennial forest with transition to "cerrado".

The experimental design was 3 x 3 x 3 NPK factorial with split plot corresponding to organic matter addition as poultry manure. The Catuaí variety was planted with the spacing of 4,0 x 1,0 m. During the experiment soil samples were collected and analysed and yield data were recorded.

Response curves in the LE of Machado and Alfenas, as well as in the LEH of Alfenas revealed that intermediate rates of N were sufficient to reach maximum physical yields. In the both places a marked effect of P was registered. Lack of K seemed to be the most limiting factor in the four experiments.

There were responses to the addition of organic matter, the exception being in the LRD of S. Sebastião do Paraíso. The best N:P:K ratios, however, in the absence of the organic matter supplement, were able to provide very high yields, there by suggesting that the organic fertilizer was not required. When the ratios were not adequate, on the other hand, yields were raised by the addition of organic matter which seemingly contributed more nutrients to the coffee plant.

Correlation studies between rate of application

and relative yields showed that maximum yield in the first harvest was obtained with 122 g P_2O_5 /cova applied at planting (cova - Portuguese for planting hole); 75 and 58.5 g/cova, respectively were needed for the third and fifth harvest; these figures refer to places wherein responses to P were significant. In the low yielding years there was no response to P. Maximum yields at the first harvest occurred when 72 g K_2O /cova were applied; in the absence of organic matter 118 g K_2O /cova were needed for the third harvest; 113 g K_2O /cova were sufficient in the presence of organic matter. In the case of the fifth harvest 191 g K_2O /cova were required to reach the highest yield.

The critical level of P, corresponding to 90 percent of the maximum relative yield, was found to be 0,089 meq/100 cm^3 (9.2 ppm) of soil, the extracting agent being Mehlich's (double acid). This data refers to places and years in which the response was significant. The critical level for soil K was 0.287 meq/100 cm^3 (112 ppm) and 0.15 meq/100 cm^3 (60 ppm), respectively wherein a significant response was registered.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café no Brasil foi e continua sendo uma das principais fontes de divisas para o País, responsável em 1983 por cerca de 10.7% da receita com as exportações, o que corresponde a um valor de 2,340 bilhões de dólares. Nessa ocasião, a população cafeeira nacional e a do Estado de Minas Gerais eram de aproximadamente 3.522 e 1.109 milhões de covas, respectivamente, com uma produção de café beneficiado de 30,4 e 9,6 milhões de sacas. Esta produção estadual equivale a 31,6% da produção nacional (BRASIL, 1984).

Apesar da importância desta cultura, sabe-se que a produtividade brasileira é baixa quando comparada com a de outros países. MALAVOLTA (1980a) aponta várias causas que concorrem para isto, ressaltando dentre elas, a falta de adubação e de calagem. A este respeito afirma que os cafezais recebem em torno de 20 a 30% da quantidade de fertilizantes que deveriam receber; as proporções dos elementos nas misturas nem sempre são as mais convenientes; os macronutrientes secundários

têm sido negligenciados nos programas de adubação, o mesmo acontecendo com alguns micronutrientes; a calagem, quando feita, é praticada de maneira inadequada ou, então, o calcário é usado em doses insuficientes. Complementando estas observações, sabe-se que, a partir do início da década de 70, dada a quase inexistência de solos férteis para a instalação de novos cafezais, aliada ao preço destas terras e à necessidade de melhores topografias, estes novos plantios foram feitos, em sua maior parte, em solos de baixa fertilidade, muitos deles sob vegetação de cerrado. Esta baixa fertilidade é caracterizada pelo alto poder de fixação de fósforo, pela alta saturação de alumínio, pela baixa capacidade de troca catiônica, pela carência generalizada de nutrientes (fósforo, potássio, magnésio, cálcio, nitrogênio, boro e zinco, principalmente), o que dificulta uma exploração econômica do cafeeiro através de sistemas tradicionais de manejo. Assim, maiores estudos sobre a nutrição e adubação do cafeeiro tornam-se imprescindíveis para as atuais condições da cultura.

No presente trabalho, estuda-se o cafeeiro, nas condições testadas, quanto aos aspectos de sua adubação, com os seguintes objetivos:

. Conhecer as curvas de respostas de cafeeiros submetidos à adubação NPK em solos de baixa fertilidade natural;

. Conhecer os efeitos da matéria orgânica como fonte e melhorando o suprimento de nutrientes para o cafeeiro ;

. estabelecer ajustes nas adubações ou níveis a adequados para os anos de alta e baixa produção,

. determinar relações entre teores dos nutrientes no solo e as produções, estabelecendo níveis críticos e classes de fertilidade do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Aparentemente não há níveis fixados dos elementos nutritivos nos diferentes solos em que se cultiva o cafeeiro, que sirvam como um guia absoluto para as adubações. Cada solo específico tem o seu nível ótimo de fertilidade, variável com as condições ambientais, químicas ou com suas alterações biológicas. Assim, cada nutriente deve ser suprido de acordo com a exigência da cultura em cada condição de solo e de clima (ADUAYI, 1970). Este autor afirma ainda que uma nutrição balanceada do cafeeiro não pode ser realizada antes que as interações entre os vários nutrientes sejam estabelecidas através dos estudos do sistema solo-planta, e que, para a manutenção de uma boa fertilidade de solo para o cafeeiro, a fim de se obter qualidade e altos rendimentos, necessita-se de um eficiente ajuste das doses de nutrientes e de seus métodos de aplicação. Os estudos das relações dos nutrientes no solo e na planta tornam-se necessários para se conseguir um rendimento econômico do cafeeiro.

As necessidades nutricionais das culturas podem ser determinadas através de um método ou da combinação de métodos, como os experimentos de adubação, as análises de solo e as análises de plantas. Os experimentos de adubação são usados para determinar as exigências de fertilizantes para uma cultura em um local particular, mas esta informação, embora tida como de valor relativo, se estiver relacionada com a análise de solo ou de planta, ou ambas, torna-se de grande valor. É reconhecido que a análise de solo sozinha nem sempre é um guia satisfatório para as adubações. Recomendações baseadas nas análises de solo assumem que as raízes retiram os nutrientes de um solo como um extrator químico e que há uma relação direta entre os íons extraídos do solo e os absorvidos pela planta. Embora isto seja verdadeiro para alguns nutrientes e algumas culturas em um solo particular, não é amplamente aceito, dada às variações das condições de solo para outras culturas, além das dificuldades de obter uma amostra que represente o solo explorado pelo profundo sistema radicular das plantas perenes. A análise de folhas, baseada em métodos de amostragem apropriados e numa correta interpretação dos dados analíticos, é um instrumento útil para se avaliar o estado nutricional de uma planta perene ou as suas respostas aos fertilizantes (BOULD et alii , 1960; BOULD, 1963).

2.1. Solos usados para a cafeicultura na Região Sul de Minas Gerais

Segundo SANTANA e NAIME (1978), ao se fazer a análise dos principais tipos de solos usados para a cafeicultura em Minas Gerais, ver-se-á que este aspecto está profundamente relacionado com a evolução da própria cultura. No passado, quando imperava um sistema empírico, o mais importante a ser considerado na escolha do solo era sua fertilidade natural. Como os implementos agrícolas tradicionais eram pouco utilizados, a facilidade ou não de mecanização era irrelevante. Por isso, a maioria das lavouras cafeeiras estava localizada em solos podzolizados, geralmente os mais férteis da paisagem, mas ocupando invariavelmente relevo mais acentuado. Estes solos são, normalmente, de boa fertilidade natural, bastante susceptíveis a erosão e, em geral inadequados ao intenso uso de máquinas agrícolas. A necessidade de expansão da fronteira agrícola, o avanço da tecnologia dos adubos, a necessidade de intensificação da mecanização levaram a cafeicultura a estabelecer-se em Latossolos, mais pobres em termos de fertilidade natural, mas de boas condições físicas e topográficas. São bastante resistentes à erosão, a exceção do Latossolo Roxo, não apresentando praticamente nenhum impedimento à mecanização intensiva.

Dentre os solos podzolizados ou que apresentam um horizonte B textural, predominam na região com o cafeeiro, o Podzólico Vermelho-Amarelo (PE), a Terra Roxa Estruturada (TR)

e o Mediterrâneo Vermelho-Amarelo. Dentre os solos com horizonte B latossólico onde predominam os plantios mais recentes, sobressaem o Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Vermelho-Escuro Húmico (LEH) e o Latossolo Roxo (LR). Do ponto de vista genético, os solos com B latossólico estão situados em um estágio de evolução mais adiantado, como se pode observar pelas suas composições mineralógicas, predominantemente argilas 1:1 e sesquióxidos de ferro e alumínio. • fósforo (P), o nitrogênio (N) e em alguns casos o potássio (K) são freqüentemente deficientes nos Latossolos, como também ocorre com o cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn) e boro (B). O alumínio (Al) e o manganês (Mn) podem existir em níveis tóxicos, assim a correção da acidez torna-se necessária. A calagem e a fertilização envolvem certas dificuldades devido à baixa CTC, à alta fixação de P e ao fácil desbalanceamento entre os diferentes nutrientes, nestes solos (BRASIL - COMISSÃO DE SOLOS, 1962 e CURI e RESENDE, 1978).

2.2. Respostas do cafeeiro à adubação com macronutrientes

2.2.1. Exigências nutricionais

A concentração e a quantidade de macronutrientes em diferentes partes do cafeeiro de um a cinco anos e aos dez anos de idade, crescendo em condições de campo, foram estudadas

por CATANI e MORAES (1958) e CATANI et alii (1965). Estes trabalhos mostram que a absorção de N, K e Ca cresce de maneira acentuada, à medida que a planta se torna mais velha, em relação às absorções do P e do Mg. As exigências minerais do cafeeiro duplicam aos 2,5 e 3,5 anos, devido ao início da produção de grãos. O cafeeiro extrai grandes quantidades de N e de K e em ordem decrescente, o Ca, Mg, S e P. No quinto ano, os grãos do café são responsáveis por aproximadamente 1/3 das exigências minerais do cafeeiro em produção.

MALAVOLTA (1984) comenta trabalho de Correa et alii (1983) segundo os quais, no período de 24 a 48 meses, respectivamente, para o "Mundo Novo" e o "Catuaí", a extração total de nutrientes (parte vegetativa + frutos) cresceu o seguinte número de vezes: 5,5 (N); 11,9 (P); 6,7 (K); 6,5 (Ca); 9,7 (Mg) e 5,4 (S). Estes autores concluíram também que, entre 6 e 48 meses de idade, não se observa ainda tendência sigmoidal nas curvas de crescimento e de acumulação de elementos minerais, ou seja, o cafeeiro continua crescendo.

MALAVOLTA et alii (1963) determinaram os teores de macro e micronutrientes contidos na casca e nos grãos de café de três variedades, cultivadas em três solos do estado de São Paulo, não encontrando diferenças entre elas. Entretanto, o tipo de solo afetou os conteúdos de N, K, ferro (Fe) e molibdênio (Mo). Os nutrientes extraídos em maiores quantidades pelos grãos e casca foram respectivamente, em ordem decrescente os seguintes: N, K, Ca, Mg, S e P e, K, N, Ca, S, P e Mg.

Quanto à variação da quantidade de nutrientes durante o desenvolvimento dos frutos, CATANI et alii (1967) esclarecem que estes absorvem continuamente todos os macronutrientes, durante todo o seu desenvolvimento. Dentre eles, o K e o N foram solicitados em maior quantidade, seguindo-se o Ca, o P, o S e o Mg. O K contribuiu com 52% e o N com 34% da quantidade total de macronutrientes absorvidos.

Há concordância entre esses resultados e os de outros autores, tais como: Anstead (1915) e Anstead e Pittock (1911), citados por MALAVOLTA (1981); CARVAJAL (1959); MEHLICH (1966) e CORREA et alii (1983), evidenciando a alta exigência de nutrientes minerais pelo cafeeiro e da importância das adubações.

A distribuição dos nutrientes nas partes e nos frutos varia com a idade das plantas, afirma MALAVOLTA (1984) a partir de dados de Catani et alii (1966) e Correia et alii (1983). Segundo este autor, uma fração relativamente maior de nutrientes está nos frutos das plantas mais novas. Nas plantas em plena produção, a participação dos frutos diminui, devendo cair ainda mais nos anos de baixa produção. Estas afirmações podem mostrar a razão por que uma planta nova, onde a relação produção:parte vegetativa é grande, se torna mais exigente em certos nutrientes, quando comparada a um sistema radicular e parte vegetativa ainda não tão amplos como o de uma planta já adulta e com produções semelhantes.

2.2.2. Situação nutricional das lavouras cafeeiras

O N e o K, principalmente, são os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro, sendo tidos também como os mais carentes nos levantamentos do estado nutricional das lavouras cafeeiras feitos no País. Assim, LOTT et alii (1961) em um levantamento em 126 cafezais de São Paulo e 46 do Paraná, encontraram, respectivamente, as seguintes percentagens de ocorrência de carência entre eles: N (78 e 50%), P (23 e 0%), K (76 e 28%), Ca (1 e 26%); Mg (40 e 39%) e S (18 e 7%).

Posteriormente, GALLO et alii (1970), avaliando 134 cafezais nos solos Podzolizados de Lins e Marília, LR e PE Orto, encontraram, respectivamente, as seguintes percentagens de lavouras carentes: N (94, 83 e 95%), P (0, 2 e 21%), K (4, 62 e 19%), Ca (37, 0 e 28%), Mg (24, 12 e 21%) e S (4, 0 e 28%).

HIROCE (1981) relata que, das amostras analisadas na seção de Química Analítica do Instituto Agronômico de Campinas no período de 1966 e 1980, a percentagem daquelas que apresentaram teores abaixo do normal foi a seguinte: N (52%), P (31%), K (31%), Ca (31%), Mg (51%). Concluiu que com o passar do tempo, nesse período estudado a quantidade de lavouras deficientes em N decresceu, enquanto que o número de lavouras carentes em Ca e Mg aumentou em uma mesma intensidade. Talvez isto devesse a um maior emprego das adubações com fórmulas mais concentradas, aliado à expansão dos plantios em solos ácidos, principalmente, daqueles "sob cerrado", onde as aplicações de calcário são fei-

tas em doses geralmente insuficientes.

Na região leste de Minas Gerais, PEREIRA et alii (1976) submeteram 34 lavouras da cultivar Mundo Novo com quatro anos de idade, situadas em um LV Húmico e Orto, a amostragens mensais de folha para a diagnose foliar. Observaram que o N estava suprido durante todo o ano; o P não atingiu, em momento algum, o nível limiar; o K apresentou teores adequados apenas durante os meses de outubro a janeiro; o Ca de janeiro a julho e o Mg de fevereiro a outubro. Os teores médios dos elementos nestes solos eram respectivamente, 0,23% de N, 2,50 e 60,0 ppm de P e K, e 1,5, 0,4 e 1,5 e.mg/100g de solo de Ca, Mg e Al.

GARCIA et alii (1983) estudando os cafeeiros nos principais grandes grupos de solos da região Sul de Minas Gerais, encontraram que as lavouras mostravam níveis adequados de N, P, K e cobre (Cu) e deficientes em Ca, Mg, Zn e B.

Esses dados mostram que, na maioria das vezes, há carência de macronutrientes, sendo importantes maiores informações quanto às necessidades desses elementos nos diferentes tipos de solos.

2.2.3. Resposta do cafeeiro a N, P e K

O suprimento de N ao solo depende da mineralização de sua matéria orgânica, que é função do teor de umidade ,

da temperatura, do pH do solo e da quantidade e da natureza desta matéria orgânica, em particular de sua relação C/N (carbono/nitrogênio).

O N é um nutriente exigido em grandes quantidades pelo cafeeiro, sendo também bastante exportado (CATANI e MORAES, 1958; CATANI et alii, 1965; MALAVOLTA et alii, 1963 ; CARVAJAL, 1959 e MEHLICH, 1966). Os levantamentos da situação nutricional das lavouras, em diversas regiões, apontam-no como um dos nutrientes mais carentes do País (LOTT et alii, 1961; GALLO et alii, 1967; GALLO et alii, 1970 e HIROCE, 1981).

MALAVOLTA (1970) afirma que, numa revisão feita por Malavolta e Moraes (1965) de ensaios de longa duração, onde as informações foram coletadas por mais de cinco anos, nove dos experimentos vistos responderam a N e a K e em apenas um a adição do P foi benéfica depois das plantas formadas. Respostas a N foram também obtidas por FRANCO et alii (1960); GALLO et alii (1971); MORAES et alii (1974); HIROCE et alii (1974); HIROCE et alii (1975) e SOUZA e CAIXETA (1974).

A resposta a N é relatada em diversos trabalhos como sendo comum em zonas cafeeiras do mundo: PEREZ (1963) na Costa Rica, URIBE-HENAO e MESTRE-MESTRE (1976) na Colômbia, ABRUÑA et alii (1959) e ABRUÑA et alii (1965) em Porto Rico, CARANDANG (1961) nas Filipinas; ANANTH (1966) na Índia e BÉNAC (1965) e LOUÉ (1955) na África.

Quanto à resposta do N em função do grau de fertilidade do solo, MEHLICH (1967) sumariou os resultados de vá-

rios experimentos de longa duração, concluindo que os solos de baixa fertilidade não respondem favoravelmente a adubações constituídas de apenas N. Em um solo de elevada fertilidade, a aplicação de apenas N em uma alta dose de 154 kg/ha, como sulfato de amônio, aumentou a produção para aproximadamente 3.600 kg/ha de café beneficiado. O referido autor concluiu que o grau de fertilidade inicial do solo seria importante em relação às respostas das adubações nitrogenadas. Ainda a este respeito, CARVALHAL (1976) afirma que em solos de alta fertilidade, com mais de 10 e.mg de K + Ca + Mg/100 g de solo, na presença de quantidades adequadas de P (30 ppm de P disponível), a adição de N também complementaria as exigências anuais da planta. Em solos de baixa ou média fertilidade, a aplicação de N (normalmente as duas primeiras coberturas) deveria vir acompanhada dos elementos componentes de uma fórmula completa.

A nutrição nitrogenada adequada, não havendo outros fatores limitantes, é evidenciada no desenvolvimento rápido, no aumento da ramificação dos galhos frutíferos e na formação de folhas verdes e brilhantes (MALAVOLTA, 1984). Quando o solo não tem muita matéria orgânica mineralizável ou não se usa suficiente N na adubação, a deficiência aparece comumente, sendo os sintomas mais intensos durante o crescimento dos frutos. As folhas formadas nestas condições são geralmente menores; as mais velhas e depois as mais novas mostram uma clorose uniforme do limbo. O desfolhamento é comum. Com um estágio muito avançado da deficiência, tem lugar a morte descendente dos ramos

frutíferos. Outro fator que aumenta a severidade da falta de N é o período de seca intensa: menor umidade no solo diminui a mineralização da matéria orgânica e o caminhar dos nitratos para a raiz pelo processo de fluxo de massa. O excesso de N provoca alterações nas relações N/P e N/K das folhas e diminuição da produção, estimulando a vegetação em prejuízo da produção.

O fósforo é um nutriente pouco exigido pelo cafeeiro sendo também muito pouco exportado em relação aos outros macronutrientes (CATANI e MORAES, 1958 ; CATANI et alii, 1965; MALAVOLTA et alii, 1963; CARVAJAL, 1959 e MEHLICH, 1966). Segundo MALAVOLTA (1965), isto provavelmente explica o fato de que, a despeito do alto poder de fixação do P nos solos altamente intemperizados da região tropical, raramente são encontrados no campo sintomas de deficiência desse elemento. Entretanto, para uso generalizado desta afirmação, devem-se, antes, considerar situações específicas locais.

No solo, o P ocorre de fontes orgânicas e inorgânicas. O P de natureza orgânica é originado da decomposição da matéria orgânica, e o P inorgânico ocorre de compostos insolúveis de Ca, Fe e Al. Os sais de Ca predominam sob condições neutras ou alcalinas, enquanto que os complexos de Fe e Al ocorrem nos solos ácidos, como na maioria das áreas cultivadas com o cafeeiro nos trópicos. Nos solos com grandes quantidades de matéria orgânica, a disponibilidade de P poderia ser aumentada através dos processos de mineralização pelos micro -

organismos. Estes processos dependem do pH e da diminuição da taxa de mineralização pelo aumento da acidez (ADUAYI, 1970).

Tem-se como certa que a resposta a P não é denominador comum nos solos cafeeiros do mundo, e inclusive a resposta às fontes deste elemento não tem demonstrado ser importante nas pesquisas realizadas. Apesar de sua baixa resposta costuma-se incluí-lo nas fórmulas em doses que variam entre 5 e 24% de P_2O_5 , ainda que, no geral, as doses altas sejam recomendadas para plantas em viveiros (CARVAJAL, 1976).

Mesmo que seja aplicado em quantidades relativamente pequenas, o P é essencial não só para a produção dos frutos, mas também para o rápido desenvolvimento do cafeeiro novo. Com poucas exceções, as doses de P_2O_5 empregadas nas plantações são muito menores do que as quantidades de N e K_2O aplicadas (MALAVOLTA, 1965).

No Quênia tem-se informado que a resposta a P provavelmente não se manifesta com a freqüência que deveria, por problemas derivados da aplicação das fontes usadas ou dos adubos complexos que o contêm (CARVAJAL, 1976).

Em revisão feita por URIBE-HENAO e MESTRE-MESTRE (1976), encontrou-se, também, resposta a P, apenas em um trabalho feito em El Salvador, dentre 13 outros feitos em diversas partes do mundo. Nessa publicação estes autores apresentam os resultados de um experimento repetido em oito localidades da Colômbia e concluem que o efeito de P foi ocasional e de pouca magnitude, em apenas 4 das 36 colheitas totais analisadas, considerando dis-

pensável a sua aplicação. Além disso, concluíram ser este elemento dispensável para altas produções de café.

MORAES et alii (1974) encontraram respostas a P apenas no primeiro biênio de produção, quando o índice de pluviosidade foi alto, em um ensaio em um LV Orto, da região de Campinas. As doses utilizadas foram de 0, 40 e 80 g de P_2O_5 /cova como superfosfato simples, e os aumentos foram da ordem de 16%, quando comparadas às produções com 40 e 80 g de P_2O_5 e de 66% quando comparadas as doses 0 e 80 kg de P_2O_5 /cova. SOUZA e CAIXETA (1974) encontraram respostas lineares a P, em uma análise conjunta de cinco produções, quando utilizaram doses crescentes de P_2O_5 , nas quantidades de 0, 60 e 120 g/cova, tendo como fonte o superfosfato simples. Este ensaio foi instalado em um PE de Machado-MG com a cultivar Mundo Novo.

Em um experimento feito no Havaí, em que as exigências de N não eram totalmente satisfeitas, tendo sido inclusive deficiente em parte do ano, adubando-se apenas com dois parcelamentos, a aplicação suplementar de N e P em mais dois outros parcelamentos resultou em respostas a P na produção, proporcionando acréscimos de 20,4, 30,1 e 30,9%, respectivamente, nos três anos seguintes após o início desta suplementação. O P utilizado teve pouca ou nenhuma influência nos teores foliares de N (COOIL et alii, 1961).

Como é de conhecimento geral, a grande maioria das plantas perenes, apresenta baixas respostas a P na produção, na maioria dos solos, o mesmo não acontecendo na fase de

formação. Nesta fase, acredita-se que o P torna-se importante uma vez que a planta apresenta ainda um pequeno sistema radicular, além do fato de que este elemento é imprescindível no desenvolvimento deste. Com o crescimento das raízes, um maior volume de solo é explorado por elas, suprimindo a planta de suas relativamente baixas exigências neste elemento, além disso as associações micorrízicas podem contribuir na ampliação da capacidade de absorção de P pela planta.

As maiores quantidades de P exigidas pelo cafeeiro na formação indicam uma baixa eficiência no processo de absorção (MALAVOLTA, 1984). Segundo este autor, a absorção do P segue a mesma tendência que a do N nas várias estações do ano, sendo mais intensa na estação chuvosa e na época de crescimento dos frutos. Quando a exigência de P é alta, como acontece quando a produção é bastante grande, o elemento é redistribuído das folhas adjacentes para o fruto, podendo então ocorrer desfolhamento.

A resposta a K é variável em âmbito mundial. Existem solos de alta resposta como os do Brasil e de Porto Rico, em contraste com uma resposta indiferente ou não significativa nas pesquisas a longo prazo na Costa Rica (CARVAJAL, 1976).

Levantamento de respostas à fertilização do cafeeiro, feito em 13 trabalhos em 9 países por URIBE-HENAO e MESTRE-MESTRE (1976), evidencia respostas a K em cinco destes trabalhos. Estes autores obtiveram com o K aumentos na produção em cinco dos oito locais, onde se estudou seu efeito na Colômbia. Concluiu-se

que certas respostas na produção estavam relacionadas com os teores deste nutriente no solo.

As quantidades de K nas partes vegetativas, bem como nos frutos do cafeeiro, são suficientes para mostrar que este nutriente desempenha um papel dominante na nutrição desta planta. Como em geral altos teores de K estão associados com colheitas elevadas, a hipótese de "alimentação de luxo" deve ser afastada. A exigência de K aumenta muito com a idade, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nas cerejas (MALAVOLTA, 1965). Este autor cita ainda Loué (1955) que analisou os teores de K nos frutos, afirmando que apenas 20% do K da cereja encontram-se nos grãos e, 75-80% no pergaminho e polpa. Por este motivo, quando não se devolvem as palhas de café ao solo, há um aumento de 140% na exportação do K.

Há uma correlação positiva bastante íntima entre o teor de K nas folhas e o seu conteúdo de amido; baixando-se o nível de K, diminuiu-se a produção de amido; como consequência, o desenvolvimento da planta, novos ramos, novas folhas diminui e as colheitas caem. Pensa-se até que o hábito bienal de produção do cafeeiro, pelo menos em parte, é explicado com base nas variações no teor de amido nos tecidos (MALAVOLTA, 1984). Os sintomas de falta de K no cafeeiro seguem o mesmo padrão geral encontrado em outras plantas, ocorrendo necrose das margens das folhas nos casos mais severos. A primeira indicação da falta de K aparece nas folhas mais velhas, como um resultado da trans

locação do elemento para as folhas novas ou ramos em crescimento, ou produção.

ADUAYI (1970) afirma que a absorção de K pelas plantas é afetada pela natureza das argilas, pela capacidade de troca de cations da argila específica e das raízes da planta, pela porcentagem de saturação dos colóides do solo com K, pela natureza e quantidade dos cations complementares do solo e de seus anions associados, pela fração orgânica e pelo teor de umidade do solo. Este autor conclui dizendo que no Quênia os minerais de argila do tipo 2:1 são os grandes responsáveis pela manutenção e pelo suprimento do K trocável nos solos cafeeiros. Conseqüentemente, é importante conhecer os tipos de argilas que dominam no solo, para prognosticar a restituição e resposta deste elemento (CARVAJAL, 1976). A absorção deste elemento do solo tem seu pico máximo na estação chuvosa.

FRANCO et alii (1960), trabalhando com adubações apenas minerais em uma Terra Roxa legítima de Ribeirão Preto-SP, nas dosagens de 120, 240 e 480 g de K₂O/cova, afirmam que a dose de 120 g proporcionou um aumento bem superior ao talhão adjacente que se utilizou como testemunha. A elevação da dose de 120 para 240 g de K₂O proporcionou um aumento de produção de 9%, e na dose de 480 g isto não foi obtido. Entretanto, MORAES et alii (1974) não encontraram respostas ao K, nas doses de 0, 120 e 240 g de K₂O/cova em um LV Orto de Campinas, quando comparadas isoladamente, mas o seu efeito foi significativo quando interagindo com o N e o P. Já HIROCE et alii (1975)

relatam que não encontraram respostas significativas a K no LR de São Simão-SP e no LV Orto de Campinas, apesar de a deficiência deste elemento ter sido observada no final do ciclo produtivo nas parcelas que não receberam este nutriente em ambos os solos. A deficiência de K no LV Orto de Campinas foi associada a seus baixos teores no solo e no LR, aos teores médios.

Entretanto, solos "sob cerrado" do Sul de Minas têm mostrado respostas significativas ao uso de fertilizantes potássicos. SOUZA e CAIXETA (1974) em um PE de Machado obtiveram respostas linear e quadrática à aplicação de 0, 100 e 200 g de K_2O /cova, na produção.

2.2.4. Respostas do cafeeiro à adubação mineral em relação à orgânica

O cafeeiro foi considerado por muitos anos como uma planta exigente em solos ricos em matéria orgânica. A adubação orgânica era tida como indispensável à manutenção e à recuperação das lavouras, devido ao pequeno conhecimento que se tinha quanto às exigências do cafeeiro e às técnicas corretas para a execução da adubação mineral e ainda devido aos resultados quase sempre satisfatórios obtidos pelo emprego dos adubos orgânicos (INSTITUTO AGRONÔMICO, 1967). Nesta instituição, a partir de 1958, a Seção de Café em virtude dos conhecimentos já existentes, resolveu mudar as orienta -

ções adotadas em relação às recomendações de adubação para a cultura, passando então a recomendar o emprego de adubações minerais mais intensivas; as adubações orgânicas passaram a ser consideradas como não essenciais e sim, complementares. MALAVOLTA (1965) cita que Dafert, no fim do século passado, já afirmava que a adubação orgânica nunca iria substituir a adubação química mas que a complementar.

Um experimento iniciado em 1953, em um LR Eutrófico da região de Ribeirão Preto-SP e publicado por FRANCO et alii (1960), evidenciava, desde as primeiras produções, a viabilidade econômica do emprego exclusivo de adubos minerais para o cafeeiro. Entretanto, persistiu a dúvida relativa aos méritos das adubações exclusivamente minerais, principalmente em solos de fertilidade natural muito baixa e com baixos teores de matéria orgânica, sobre o crescimento e a produção do cafeeiro, comparativamente ao processo clássico da aplicação do adubo orgânico complementado ou não com outros fertilizantes.

Ensaio conduzido por MALAVOLTA et alii (1958), em um solo arenoso, da formação Corumbataí, com pH 5,7 e que apresentara grandes respostas a N e a K e nenhuma a P, teve sua condução prosseguida por PIMENTEL GOMES et alii (1965), que aplicaram 25 kg de esterco de curral em metade de suas parcelas, por três anos, a partir de 1959. Neste ensaio a matéria orgânica aumentou a produção total dos seis anos, não podendo o seu efeito ser explicado como suplemento das doses de N, P e K. O

N e o K aumentaram significativamente a produção, apresentando também interação positiva. O P não afetou as colheitas.

ROCHA et alii (1980) apresentam resultados de ensaio conduzido em um PE Orto de Mococa-SP onde estudaram as adubações minerais e orgânicas em relação às produções do período de 1955 a 1971. Nas parcelas que receberam adubação orgânica, esta foi constituída de 40 litros de esterco de curral/cafeeiro/ano, e a adubação química constituiu-se de 450 g de sulfato de amônio, 350 g de superfosfato simples e 300 g de cloreto de potássio. As parcelas que receberam adubação NPK produziram em média, no período, 1488 kg de café beneficiado/ha, e as que receberam NPK + Esterco, 1784 kg. As maiores respostas ocorridas de uma maneira geral foram devidas ao esterco de curral e ao N.

PAVAN et alii (1986) trabalhando em um LED, textura média, do Paraná, não encontraram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre tratamentos, quando comparadas as produções das plantas que receberam adubo orgânico com aquelas que receberam exclusivamente fertilizantes minerais aplicados na cova antes do plantio. Afirmam ainda que o material orgânico utilizado continha outros elementos além do N na sua composição, os quais contribuíram para a nutrição da planta. Entretanto, este fato não foi suficientemente significativo para aumentar a produção de café no solo estudado.

Em um LV fase arenosa, transição para barrento sob vegetação de cerrado, de baixíssima fertilidade natural se

te tratamentos de adubação foram comparados, três à base de esterco de curral e quatro à base de fertilizantes exclusivamente químicos, além de um controle não adubado, evidenciando a viabilidade econômica do cultivo do cafeeiro nestas condições, através do uso exclusivo da adubação química (LAZZARINI et alii, 1975). No final deste ensaio, treze anos após sua instalação foram estudadas as alterações químicas apresentadas no solo devido às aplicações dos tratamentos. Assim, 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 NPK, houve diminuição dos teores de cations trocáveis e elevações dos teores de H e Al livres. O calcário dolomítico provocou uma elevação considerável da percentagem de matéria orgânica, e os micronutrientes incrementaram essa elevação (CERVellini, 1977).

O uso da matéria orgânica seria, entretanto, justificável por seus efeitos adicionais: a) físicos - melhoria na estrutura do solo, redução da plasticidade e coesão, aumento na capacidade de retenção de água e manutenção de temperaturas mais uniformes; b) químicos - aumento na capacidade de troca catiônica, aumento do poder tampão, formação de compostos orgânicos como quelados e, evidentemente, como fonte de nutrientes.

2.3. Relação entre níveis de fertilidade do solo ou doses de adubo e a produção

A produção é o reflexo da fertilidade do solo ou das doses de fertilizantes aplicadas em uma lavoura cafeeira; contudo, de uma maneira geral, tem-se observado não existirem relações significativas consistentes entre os resultados de análises de rotina da camada superficial do solo e a produção do cafeeiro.

Em Uganda, STEPHANS (1967) verificou que raramente foram encontradas correlações entre análises de solo e a produção de diversos ensaios conduzidos. Em todos os locais observados, verificou que o N era o nutriente mais exigido pelo cafeeiro ainda que em nenhum dos casos as produções correlacionaram positivamente de forma significativa com o C orgânico, com o N-Kjeldahl ou com a relação C/N. As únicas análises que tiveram correlação significativa em mais de uma época foram o pH e o K trocável. Em um dos locais, a produção relacionou positivamente com o pH em dois anos isolados, mas, nestes mesmos anos, em solos mais ácidos, esta relação não foi significativa. O K trocável correlacionou negativamente em dois locais, mas em outro, que possuía mais K no solo, a correlação foi positiva.

Diversos autores discutem as causas desta baixa relação entre os teores no solo e as produções. ROBINSON (1967) afirma que a variação nos resultados das análises de solo com

o propósito de recomendação de fertilizantes para o cafeeiro era alta, tornando-se necessário o conhecimento de sua magnitude. Afirma ainda que o coeficiente de variação das análises de solo dos ensaios da "Coffee Research Station", no Quênia, era alto e bastante variável para o Ca e o Mg trocáveis, o P disponível (determinação química) e o N e o P (determinação biológica), apesar do número de amostragens. Por outro lado, algumas determinações, como a do pH, apresentaram poucas variações. Esse autor refere-se ainda a resultados de seis talhões que, em 1964 tiveram um teor médio de 20,8 ppm de P disponível, enquanto que 18 meses após este teor era de 2,3 ppm, sem que a cultura pudesse ter exaurido as reservas de P da superfície, ou tivesse havido mudanças nos métodos de laboratório ou então, variações sazonais para tal magnitude. Afirma, no entanto, ser mais provável que tenha sido devido à posição das amostragens em relação aos cafeeiros ou, ainda, a aplicações anteriores de adubos orgânicos.

A aplicação continuada de fertilizantes em uma superfície limitada produz um acúmulo de nutrientes em suas formas trocáveis ou potencial. Por isso, CARVAJAL e LOPEZ (1965) afirmam que devem ser tomados cuidados na coleta de amostras de solo para análises como ajuda para a fertilização de plantas perenes. As amostras coletadas em áreas não enriquecidas pela fertilização, como as de meio da rua, podem levar a erros com respeito à interpretação correta das necessidades reais na verdadeira área de absorção.

CERVELLINI (1977) comparou amostras de solo colhidas na região de aplicação dos fertilizantes com as das entrelinhas de um ensaio de adubação do cafeeiro. Concluiu que, com a exceção do K, houve uma movimentação horizontal dos nutrientes aplicados sob as copas para as entrelinhas do cafezal, devido à raspagem da camada superficial do solo na operação de arruação. Tal fato poderá então influir nos resultados entre os teores do solo e as produções.

A profundidade de amostragem poderá também afetar os resultados destas correlações. De uma maneira geral, as amostras são colhidas na camada de 0 a 20 cm. A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS (1978) e FORESTIER (1967/68) recomendam 5 cm e 7 cm, respectivamente. Este último autor afirma que esta profundidade apresenta certas vantagens, pois esta camada é mais rica e uma amostra mais espessa não representaria bem a camada superficial. Assim as diferenças analíticas ficariam nas camadas e a interpretação, pouco precisa. As radículas, que nutrem o cafeeiro, encontram-se nesta camada superficial, e sua riqueza e que deve ser conhecida profundamente.

BOULD (1963) afirma que a análise do solo poderá falhar para algumas culturas ou tipos de solos. Os solos poderão apresentar diferentes argilas, com diferentes capacidades de troca e variações no grau de saturação de bases. Além disso, algumas culturas podem explorar um maior volume de solo que outras ou então, um solo profundo e com boa estrutura, mas de baixa fertilidade, pode produzir mais que um de alta ferti-

foram aplicados esterco de curral e/ou calcário, e esses níveis mais elevados foram observados na primeira camada de 0-10 cm e nas entrelinhas dos cafeeiros, demonstrando a movimentação horizontal pela arruação do fertilizante aplicado e que o fósforo é muito pouco móvel verticalmente. Assim, a profundidade da amostragem e o efeito da arruação podem afetar os resultados.

Além de todos esses fatores que dificultam a interpretação dos resultados dos experimentos de adubação no cafeeiro com P, tem-se a relatar, também, a necessidade de extratores efetivos para estimar as respostas da planta nos solos ácidos, que geralmente apresentam baixas concentrações de P na solução do solo, devido ao baixo produto de solubilidade dos compostos de fósforo existentes no solo e o forte poder de adsorção destes solos para os fosfatos. Segundo RAIJ (s/d), no Brasil, dois métodos são atualmente recomendados. O extrator Mehlich, $0,025N H_2SO_4 + 0,05N HCl$ é recomendado em todos os Estados à exceção de São Paulo. Nesse Estado, o método da resina trocadora de ions foi introduzido em 1983 substituindo o extrator $0,05N H_2SO_4$, um método, que produz resultados iguais aos do extrator de Mehlich. Ainda, os extratores ácidos em uso no País, como $0,025N H_2SO_4 + 0,05 N HCl$ ou $0,05 N H_2SO_4$, têm a vantagem de produzir extratores claros. Entretanto, sendo ácidos não parecem ser os melhores para os Oxisolos, que apresentam formas disponíveis de P principalmente nas formas de Fe-P e Al-P as quais são mais solúveis a

mais altos valores de pH. Comentando, também, a baixa eficiência dos extratores convencionais, para P, o referido autor cita Jenkins (1966) que afirma que nos solos da África Central e do Leste, mesmo quando se conhecia o P como adequado para o crescimento das plantas, muito pouco deste era recuperado pelos métodos usuais de extração, e o mesmo acontece com Oxissolos do Brasil, quando extratores ácidos são utilizados.

ADUAYI (1970) afirma que no Quênia o extrator Olsen tem sido utilizado de forma satisfatória. LOPES e CURI (s/d), citando Grande et alii (1986), afirmam que o extrator Mehlich apresenta sérias limitações para solos derivados de rochas básicas e também áreas previamente fertilizadas com fosfato natural, e que o método da resina trocadora de ions tem dado melhores resultados para estes solos.

Perfis de solos apresentados no "8º International Soil Classification Workshop" mostram que solos como o LR apresentam elevados teores de P_2O_5 total. Neste, Van Raij comenta que, no Latossolo Roxo e na Terra Roxa Estruturada, em média, a extração de P pelo método da resina trocadora de ions apresenta uma eficiência de dez vezes superior a outros extratores, e em outros solos esta eficiência é de duas vezes superior (SMS/EMBRAPA/UPR, 1986).

A falta de resposta a P em solos como o LR pode ser devida aos seus elevados teores de P_2O_5 total, assim como de P "disponível" para os cafeeiros, não detectáveis pelos extratores convencionais.

Com relação ao N, seu comportamento nas fertilizações nem sempre está relacionado com o teor deste elemento no solo ou o de matéria orgânica. URIBE-HENAO e MESTRE-MESTRE (1976) encontraram resultados similares em solos com elevados e baixos teores de N, mostrando que o cafeeiro parece requerer aplicações de N para aumentar os rendimentos ainda que em solos com elevados teores de matéria orgânica, com aplicações variando entre 120 a 240 kg de N/ha.

Nos solos "sob cerrado", as reservas de K de um modo geral não são suficientes para suprir as quantidades extraídas pelas culturas por um longo período de tempo e, portanto, a sua restituição às plantas deve ser feita através da adubação potássica. Ocasionalmente, devido ao esgotamento do K natural do solo, as respostas a este nutriente só se verificaram a partir do segundo ou terceiro cultivo. Estes solos são pobres em minerais de argila do tipo 2:1, predominando a caulinita e a gibbsita, e, em minerais primários capazes de suprir as plantas com K, através da decomposição (VILELA et alii, 1986). Estes autores citam Lopes (1975) que considerando 60 ppm de K no solo como nível crítico, verificou que, em 85% das amostras de solos de "cerrados", as análises eram inferiores a este valor e que, em 48% das amostras, os teores eram inferiores à metade do nível crítico, concluindo serem estes solos bastante deficientes em K.

Com respeito às doses de fertilizantes aplicadas ao solo, relacionadas à produção, resultados mais evi

dentos são apresentados.

HIROCE et alii (1975) estudaram, através de um fatorial 3^3 na presença e ausência de B e Zn, os efeitos das doses 0, 100 e 200 g de N e K_2O e 0, 50 e 100 g de P_2O_5 /cova, em dois solos do estado de São Paulo, um LR de São Simão e um LV Orto de Campinas. Observaram um efeito linear positivo das doses de N em relação à média de quatro produções que variaram de 826, 1304 e 1366 kg/ha no LR e 838, 1320 e 1419 kg/ha no LV orto. O P e o K não aumentaram significativamente a produção em ambos os solos.

FRANCO et alii (1960) trabalhando em um LR de Ribeirão Preto, aplicaram as doses de 0, 120 e 360 g de N, 0, 100 e 300 g de P_2O_5 e 120, 240 e 480 g de K_2O /cova. Obtiveram respostas altamente significativas e positivas, de natureza linear, para o N e o K.

SOUZA e CAIXETA (1974) obtiveram respostas lineares, significativas ao nível de 1% de probabilidade, para doses de N, P_2O_5 e K_2O e efeito quadrático para K, ao aplicarem doses de 0, 120 e 240 g de N, 0, 60 e 120 g de P_2O_5 , e 0, 100 e 200 g de K_2O /cova em um PE de Machado-MG, ao analisarem dados de cinco produções.

2.3.1. Correlação entre as respostas do cafeeiro e os teores em solos

Um método de análise do solo deve ser recomendado se houver correlação entre o resultado analítico e as respostas da cultura (RAIJ, 1981). Segundo este autor, para o estabelecimento de correlações de P e K, são considerados os teores destes nutrientes no solo e as respostas à adubação, expressas em produção relativa com a vantagem de minimizar os efeitos das condições de solo e de clima que afetam as respostas em termos absolutos. Esse autor estabelece classes de fertilidade do solo que fornecem uma base para recomendar a adubação em quantidades adequadas em relação aos nutrientes já existentes no solo e, também, para avaliar a fertilidade do solo com o passar do tempo, adotando classes de teores de 0 a 70% de produção relativa para teores muito baixos, para teores baixos de 70 a 90% e para teores médios de 90 a 100%. Na classe de teores altos, as quantidades são suficientes para produções máximas. Outro critério utilizado é o de Cate e Nelson (1965), citados pelo mesmo autor, que permite a criação de duas classes de teores, aqueles que com grande possibilidade de respostas ao nutriente em questão e outro com pequena possibilidade de resposta.

O estabelecimento da chamada curva de calibração permite o estabelecimento do chamado nível crítico do nutriente em questão no solo, ou seja, um teor acima do qual

os aumentos nos rendimentos da cultura são pouco prováveis ou que acima do qual já não compensa economicamente aplicar o fertilizante. Este valor, em geral, é variável com o extrator usado, com as espécies, variedades, com os tipos de solo etc. Segundo VILELA et alii (1986), este valor é o equivalente a uma produção relativa de 80% da produção máxima obtida. Este autores citam Raij e Mascarenhas (1976) e Mielniczuk (1978) que adotam em São Paulo e no Rio Grande do Sul um índice de 90% da produção relativa máxima.

RAIJ (1986) apresenta os teores de P e K no solo correspondente às suas classes de fertilidade para as diferentes culturas. Para o P-resina, o teor muito baixo varia de 0-6 ppm; baixo, de 7 a 15 ppm; médio de 16 a 40 ppm; alto, de 41 a 80 ppm e muito alto, valores maiores que 80 ppm. Para o K trocável, os teores muito baixos variam de 0 a 0,07 e.mg/100 cm³ de solo (0 a 27 ppm); baixo, de 0,08 a 0,15 e.mg/100 cm³ (31 a 59 ppm); médios, 0,16 a 0,30 e.mg/100 cm³ (62 a 117 ppm); altos, de 0,31 a 0,60 e.mg/100 cm³ (121 a 235 ppm) e muito altos, maiores que 0,50 e.mg/100 cm³ (235 ppm).

A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1978) estabelece para o P solúvel as seguintes classes: para solos argilosos - teores baixos, de 0 a 5 ppm ; médios, de 5 a 10 ppm e altos, teores maiores que 10 ppm. Para solos arenosos, os teores são baixos, de 0 a 10 ppm; médios, de 10 a 20 ppm e altos e, maiores, teores superiores a 20 ppm. Para o K, os teores são tidos como baixos quando va-

riam de 0 a 30 ppm; médios, de 30 a 60 ppm e altos quando superiores a 60 ppm.

MALAVOLTA (1984) afirma que as faixas adequadas de P disponível e K trocável no solo para o cafeeiro são de 10 a 15 ppm e de 0,3 a 0,4 e.mg/100 cm³ (117 a 156 ppm). PAVAN et alii (1986) afirmam que teores de K no solo de 0,06 e.mg/100 g limitaram a produção mas que as produções máximas foram obtidas em parcelas com teores de 0,30 e.mg de K / 100 g e 10 ppm de P no solo. GARCIA et alii (1983) sugerem que um teor de P acima de 6 ppm no solo atende às exigências do cafeeiro adulto quando extraído pelo H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N.

2.4. Efeitos da alternância de produção

As alternâncias em grandes e pequenas produções são uma constante no cafeeiro e em algumas plantas frutíferas perenes.

Todavia, a predisposição para grandes produções parece não ser uma característica natural do cafeeiro (CARVALHO, 1985). Este autor cita Sylvain (1955) que afirma que em seu centro de origem, na terceira camada das densas florestas da Etiópia, o cafeeiro vegeta em ambiente sombreado e produz poucos frutos, mas, aparentemente, em número suficiente para garantir a sobrevivência da espécie. Entretanto, quando cul-

tivado a pleno sol, o cafeeiro pode produzir abundantemente, ficando a planta comprometida em assegurar o fornecimento de matéria seca para as sementes em crescimento. Cita, também, Correa et alii (1984) que afirmam ser maior relativamente a razão entre produção/parte vegetativa em plantas jovens, quando comparado a plantas adultas. Isto leva ao aparecimento da seca de ramos como consequência da superprodução de frutos.

As condições climáticas, nutricionais, além de condições próprias da cultura, são citadas como suas causas da bianuidade. Assim a planta fica esgotada depois de uma produção elevada mostrando com isto uma tendência para produzir pouco no ano seguinte.

Segundo WELLMAN (1961), no cafeeiro, este hábito é bem característico nas variedades arábicas e que talvez deve existir alguma relação com a fisiologia destas ou mesmo a fatores genéticos. Concluiu afirmando que a alterância de produção não é tão significativa nas variedades caneforas, entre os tipos robustóides.

Os efeitos de vários fatores climáticos, tais como as chuvas, geadas, ventos etc., são reconhecidos influir de forma positiva no hábito bianual de produção de plantas frutíferas de clima temperado (BEAUMONT, 1939). Este autor cita diversos outros que mostraram que a geada pode ser a causa da indução da alternância em macieiras. Cita ainda Dean (1939) que mostrou que as chuvas na primavera são um forte agente na determinação da variação anual nos rendimentos de café no Havaí.

Para STEVENS (1949), as condições climáticas afetam bastante as produções e afirma que se estas fossem uniformes, os cafeeiros poderiam ser classificados em dois tipos: os que produzem bem nos anos pares e os que produzem bem nos anos ímpares. As variações climáticas podem, contudo, quebrar essa regularidade e assim, o tempo desfavorável de dois anos seguidos pode diminuir as colheitas nestes anos provocando, assim, uma grande colheita no terceiro ano em todas as plantas. O efeito das variações de clima seria, por isso, o de sincronizar as plantas de uma mesma região, de modo que todas mostrem os máximos de produção nos mesmos anos ou nos anos pares ou nos ímpares.

Visto que os efeitos climáticos podem levar a produções elevadas e baixas, COOIL (1960) afirmou que as altas produções levam o cafeeiro a um esgotamento de suas reservas de carboidratos em seus ramos e, se este esgotamento é severo, isto fica evidenciado pela baixa porcentagem de amido nas folhas jovens. Um esgotamento muito rápido e muito severo dos carboidratos resulta em redução do crescimento vegetativo dos ramos laterais. Afirma ainda que isto tem o duplo efeito de limitar a área produtiva para a colheita do ano seguinte e de limitar a área foliar e, portanto, a capacidade da árvore para a fotossíntese durante a colheita do ano em curso e do seguinte. Completado o crescimento do fruto, a concentração de amido durante a mesma estação pode aumentar sempre que os fatores ambientais e nutricionais não sejam limitantes.

Mas, a falta de acúmulo de amido na floração e no desenvolvimento inicial dos frutos aparentemente resulta em uma limitação na eficiência de produção, já que a concentração de amido neste período está correlacionada com o rendimento deste mesmo ano.

MENDES (1957) afirma que geralmente a partir da quarta produção é que a planta entra em seu ciclo bianual de produções, seguindo sempre uma baixa produção após uma alta e que, até entrar nesta fase, os cafeeiros apresentam produções crescentes. Para ele, as adubações poderão proporcionar um maior equilíbrio nutricional, recompondo as plantas esgotadas, conseguindo-se, assim, uma melhor distribuição de safras.

DEAN e BEAUMONT (1938), em um ensaio de adubação no Havaí, observaram variações significativas nas produções dos diversos tratamentos durante o período de oito safras. As plantas tratadas com N e K tiveram maiores produções e, conseqüentemente, as flutuações anuais dos rendimentos, como era de se esperar, eram maiores em relação à testemunha, ou aos tratamentos em que o N era usado sozinho ou com o P. Neste ensaio, o K pareceu ser o fator limitante afetando o balanço de carboidratos. Maiores conteúdos de amido foram encontrados nos novos crescimentos vegetativos das plantas com ele adubadas. As respostas em crescimento e em frutificação nos tratamentos não adubados foram condizentes com o suprimento limitado de K disponível.

O K é sabido ter função importante na síntese e transporte dos carboidratos além de aumentar a resistência da planta à seca e à geada, segundo MALAVOLTA (1980b e 1981). Cita Cooil e Fukunaga (1958) que afirmam que um maior fracionamento de N e K₂O parece diminuir em parte a alternância drástica das safras. MULLER (1959) afirma que as grandes colheitas diminuem os teores dos nutrientes na planta, e assim um suprimento contínuo e adequado de nutrientes é fundamental. A disponibilidade constante dos nutrientes que possam ser facilmente translocados na planta é de especial importância visto que a planta, em caso de escassez, pode esgotar alguns órgãos em favor de outros.

Ainda quanto ao teor dos nutrientes nas folhas, AVILAN (1971), trabalhando com a mangueira, que também é uma planta que apresenta o ciclo bianual, determinou-os nos diferentes estádios fisiológicos da planta e encontrou que após um ano de alta produção, onde as exigências eram máximas, as quantidades absorvidas, no período de acumulação seguinte, não eram tão elevadas, repondo as quantidades em níveis desejáveis a fim de proporcionar produção razoável na safra seguinte. Ao se tentar corrigir este hábito da mangueira através de adubações, AVILAN (1974) não conseguiu resultados satisfatórios. SINGH (1968) concluiu, ao analisar diversos trabalhos que tratavam deste fato, que uma relação C/N alta e uma suficiente reserva de amido nos ramos poderiam ser favoráveis ao florescimento da mangueira, mas que isto não poderia ser tomado como uma

conclusão definitiva.

Também, o crescimento da parte vegetativa está relacionado com uma maior ou menor concentração de nutrientes ou de carboidratos na planta e por sua vez com a sua produção, já que esta depende de novos ramos produtivos. Assim, trabalhos de BEAUMONT (1939) no Havaí demonstraram a relação entre o crescimento vegetativo e a produção. Segundo este autor, os crescimentos obtidos no ano anterior condicionaram o tamanho ou volume da produção em desenvolvimento. Além disso, as sinalou que certas práticas culturais, especialmente a poda e as adubações poderiam reduzir as flutuações extremas de produção. GOMEZ-GOMEZ (1977), na Colômbia, obteve um coeficiente de correlação de 0,73 entre o crescimento de ramos registrados no primeiro semestre e a produção do ano seguinte. Esta autora afirmou também que a periodicidade de crescimento do cafeeiro é dada pela competição entre o crescimento destes.

De uma maneira geral existe uma carência de informações relativas à variação dos teores na planta em função da variação das produções assim como dos efeitos das adubações ou como proceder nas adubações nestas condições.

Quanto à análise dos dados, STEVENS (1949) afirma que, no caso das alternâncias das produções, vários cuidados devem ser tomados nas análises estatísticas para que estes efeitos não escondam ou prejudiquem as comparações que estão sendo estudadas nos experimentos. Segundo ele, deve-se trabalhar com a colheita total dos anos ou a colheita média e que

a total deve ser baseada em número par de anos, pois, se for obtido a partir de número ímpar de anos, começando e terminando, as plantas que produzem bem nos anos ímpares seriam favorecidas em detrimento das de anos pares. A seguir, sugeriu as análises das produções serem feitas de dois em dois anos.

FRAGA e CONAGIN (1956), ao fazer o comentário estatístico de um ensaio de adubação em Campinas em que se estudou a adubação orgânica, nitrogenada, fosfatada e potássica, observaram que, a partir do quarto ano, as produções passaram a ser alternadas razão pela qual as análises foram feitas sempre considerando pares de anos (por biênios). Neste ensaio, os piores tratamentos (sem adubo, sem N, sem P e sem K) apresentaram variabilidade maior que os demais: os quatro tratamentos mais produtivos (palha de café mais adubação química, esterco mais adubação química, palha de café e dose alta de K) apresentaram variabilidade bienal média, inferior à do resto da experiência. Em um mesmo tratamento, esta variabilidade parece crescer com a produção, de forma que o coeficiente de variação para um tratamento permanece mais ou menos constante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e solos dos ensaios

Os ensaios foram localizados em quatro solos utilizados para a cultura do cafeeiro na região Sul, do estado de Minas Gerais, a saber, um Latossolo Vermelho Escuro (LE), fase cerrado, em Machado, situado no km 12 da estrada Machado a Paraguaçu, ao lado do aeroporto da cidade, sendo a altitude da sede do município de 781 m, a latitude de $21^{\circ}40'S$, a longitude de $45^{\circ}55'W$ e a precipitação média de 1670 mm; dois ensaios no município de Alfenas, cuja sede está situada a uma latitude de $21^{\circ}21'33''S$, a uma longitude de $45^{\circ}54'41''W$ e a uma altitude de 843 m, sendo que um ensaio foi instalado em um Latossolo Vermelho Escuro Húmico (LEH), fase cerrado, na Fazenda Campinho, situada no km 5 da estrada Alfenas a Fama e outro em um Latossolo Vermelho Escuro (LE), fase cerrado, no Sítio Aleluia, situado no km 4 da estrada velha de Alfenas a Areado. Estes três solos estão descritos em BRASIL - COMISSÃO DE SOLOS (1962). Um outro ensaio foi instalado em um Latossolo Roxo Distrófico (LRD),

sob vegetação de floresta tropical subperenifólia transicional para cerrado, da Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso, localizada no km 12,5 da estrada de São Sebastião do Paraíso a Guardinha, sendo a altitude da sede do município de 940 m, a latitude de 20°54'S, a longitude a 46°59'W e a precipitação média de 1627 mm de chuva. Este solo foi descrito por RESENDE *et alii* (1973/74).

3.2. Caracterização química e granulométrica dos solos das áreas experimentais

As áreas experimentais apresentavam, em suas camadas superficiais, de 0 a 20 cm os resultados de análises químicas, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados e análises químicas dos solos das áreas experimentais ^{a/}

Solo/Local	pH	C %	e.mg/100 cm ³		ppm	
			Al ⁺³	Ca ⁺² +Mg ⁺²	K ⁺	P
LE - Machado	4,0	1,80	0,5	0,3	11	1
LEH - Alfenas	4,4	1,95	1,0	0,4	14	Traços
LE - Alfenas	3,8	1,47	0,6	0,4	23	Traços
LRD - S.S.Paráíso	4,8	0,90	0,2	0,9	19	2

^{a/} Laboratório de Fertilidade do Solo - DCS/ESAL - Lavras-MG.

As análises granulométricas da camada superficial de 0-20 cm das áreas experimentais são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Granulometria e classe textural das áreas experimentais ^{a/}

Solo/Local	Granulometria (%)			Classe Textural
	Areias	Limo	Argila	
LE - Machado	48,4	4,6	47,0	Argila arenosa
LFH - Alfenas	44,4	4,6	51,0	Argila
LE - Alfenas	41,2	5,6	53,2	Argila
LRD - S.S.Paraíso	46,0	10,0	44,0	Argila arenosa

^{a/} Laboratório de Física do Solo - DCS/ESAL - Lavras-MG.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi um fatorial 3 x 3 x 3 com confundimento, utilizando-se o grupo W proposto por Yates, de acordo com PIMENTEL GOMES (1966). Este ensaio constou, então, de 27 parcelas onde se combinaram as doses de N, P e K que foram subdivididas, cada uma em duas subparcelas onde se estudaram a presença e a ausência de matéria orgânica, perfazendo um total de 54 subparcelas ou tratamentos por local.

3.4. Os tratamentos

A adubação das parcelas obedece ao seguinte plano:

		<u>Dose 1</u>	<u>Dose 2</u>	<u>Dose 3</u>
Adubação de plantio (g/cova) (1972/73)	N	0	15	30
	P ₂ O ₅	0	78	156
	K ₂ O	0	15	30
Adubação de 1º ano (g/cova) (1973/74)	N	0	30	60
	P ₂ O ₅	-	-	-
	K ₂ O	0	30	60
Adubação do 2º ano (g/cova) (1974/75)	N	0	60	120
	P ₂ O ₅	-	-	-
	K ₂ O	0	60	120
Adubação de 3º ano (g/cova) (1975/76)	N	12	72	132
	P ₂ O ₅	15	15	15
	K ₂ O	12	72	132
Adubação de 4º ano (g/cova) (1976/77)	N	20	100	180
	P ₂ O ₅	15	45	75
	K ₂ O	20	100	180
Adubação de 5º ano e anos posteriores (g/cova) (1977/78 e anos seguintes)	N	26	130	234
	P ₂ O ₅	19,5	58,5	97,5
	K ₂ O	26	130	234

Naquelas subparcelas com presença de matéria orgânica, adicionaram-se 2,5 kg de esterco de galinha, de gaiola, incorporado a terra da cova, além da adubação mineral. Nas subparcelas com ausência de matéria orgânica, limitou-se à adubação mineral.

Por ocasião do preparo das covas, o fósforo como superfosfato simples e fosfato de Araxá, em partes iguais, assim como metade da dose de K_2O , foi incorporado a terra da cova, juntamente com a matéria orgânica (nas subparcelas que a continha). Após o pegamento das mudas, a outra metade do K_2O e o N foram aplicados em dois parcelamentos. Nos anos seguintes, o N e o K_2O foram aplicados em cinco parcelamentos (outubro, dezembro, janeiro, fevereiro e março), utilizando-se como fonte de K_2O o cloreto de potássio, e como fonte de N utilizaram-se o nitrocálcio em três coberturas e o sulfato de amônio em duas coberturas, em aplicações intercaladas.

Após a produção do ano de 1977, fez-se nova aplicação de 2,5 kg de esterco de galinha nas subparcelas que a continha, e após a produção do ano de 1978 fez-se uma calagem geral na área em quantidade estimada pela média dos teores de Al e de Ca + Mg de todos os tratamentos.

3.5. Preparo do solo e instalação dos ensaios

Escolhidos os locais, em áreas virgens de solos de baixa fertilidade natural, representativos daqueles onde estavam sendo feitos os plantios do Plano de Renovação e Revigoração dos Cafezais do IBC/GERCA, em novembro de 1972, foram feitas em cada um deles, uma amostragem geral da área para análise e após, uma aração e a calagem, seguida de duas gradagens.

Para o cálculo das quantidades de calcário, utilizou-se a fórmula $NC = e.mg \text{ Al}^{+3}/100 \text{ cm}^3 \text{ solo} \times 2 + (2 - e.mg \text{ Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}/100 \text{ cm}^3 \text{ solo})$, corrigindo-se o PRNT do calcário para 80%, conforme PI PAEMG (1972). As quantidades aplicadas foram de 4.000 kg/ha no LE de Machado, de 5.800 kg/ha no LEH de Alfenas, de 4.100 kg/ha no LE de Alfenas e de 2.220 kg/ha no LRD de S. S. do Paraíso.

3.5.1. Análise do calcário e da matéria orgânica

O calcário usado apresentava a constituição indicada na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química e PRNT do calcário utilizado ^{a/}

CaO %	MgO %	RI %	PRNT
28,04	19,55	3,82	54,06

^{a/} Laboratório de adubos - DCS/ESAL - Lavras-MG.

O esterco de galinha utilizado como fonte de matéria orgânica apresentava a constituição química indicada na Tabela 4.

Tabela 4. Análise química do esterco de galinha ^{a/}

N total (%)	P ₂ O ₅ (%)			K ₂ O total (%)
	Solúvel em H ₂ O	Solúvel em Ácido Cítrico	Total	
2,46	0,00	4,11	7,69	2,52

^{a/} Laboratório de adubos - DCS/ESAL - Lavras-MG.

3.5.2. Instalação dos ensaios

As áreas experimentais foram sulcadas com sulcador para plantio de cana, com sulcos distanciados de 4,0 m. As covas, ao longo dos sulcos, foram marcadas distanciadas de 1,0 m acertando estas com enxada, que passaram a ter na dimensão de 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

Cada subparcela era composta de três linhas e seis covas em cada uma delas, perfazendo um total de 18 covas, e uma dimensão de 12,0 x 6,0 m ou 72 m². Nas subparcelas, as duas linhas de covas externas foram consideradas bordaduras. Na linha de covas central, a primeira e as últimas covas foram consideradas também bordaduras e as quatro plantas centrais, como plantas úteis.

3.5.3. Cultivar

A cultivar plantada foi a Catuaí, linhagem CH 2077-2-5-44, já testada na região como uma das melhores.

3.5.4. Plantio

O enchimento das covas foi feito na segunda quinzena de dezembro de 1972, e o plantio foi efetuado no período de 20 de janeiro a 10 de fevereiro de 1973. Utilizou-se uma planta por cova.

3.6. Tratos culturais

Em novembro e em janeiro, os ensaios recebiam pulverização a alto volume de sulfato de zinco a 0,6% e de ácido bórico a 0,3%. Em dezembro, janeiro, fevereiro e março recebiam pulverizações de calda bordalesa a 1% para o controle de ferrugem e fornecimento de cobre e enxofre. Em julho e agosto, recebiam aplicações de dicrotofós (bidrin) para o controle do bicho-mineiro nas dosagens recomendadas. Os ensaios anualmente eram submetidos a quatro capinas.

3.7. Dados coletados

3.7.1. Produção

A produção das quatro plantas úteis era colhida no estágio de cereja, pesada, seca e beneficiada. A quantidade de café limpo por parcela útil era então transformada em produção em sacas por hectare.

No transcorrer do experimento fizeram-se cinco colheitas nos ensaios LEH e LE de Alfenas e seis colheitas no LE de Machado e no LRD de S. S. do Paraíso, a começar pela produção do ano de 1975.

As produções do ano de 1976, 1978 e 1980 em Machado e a de 1980 em S. S. do Paraíso foram afetadas pelas geadas ocorridas na região nos anos de 1975, 1977 e 1979.

3.7.2. Amostras de solo

Anualmente, após a colheita, no período de agosto-setembro fazia-se a amostragem de solo. Coletavam-se duas amostras simples, uma de cada lado da planta, na faixa adubada, perfazendo-se uma amostra composta de oito amostras simples por parcela ou para cada quatro plantas úteis. Estas amostras correspondentes à camada superficial (0-20 cm) eram coletadas na projeção da copa, na faixa de aplicação dos fertilizantes.

Foram feitas determinações de Al^{+3} , Ca^{+2} + Mg^{+2} , e K^{+} trocáveis, P disponível e pH, segundo metodologia descrita por VETTORI (1969), pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/ESAL, Lavras (MG).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção nos biênios em relação às doses de N, P₂O₅ e K₂O na presença e ausência de matéria orgânica

De acordo com comentários e sugestões de STEVENS (1949) e FRAGA e CONAGIN (1956), para se eliminarem os efeitos da alternância de produção bastante comum no cafeeiro, os dados serão discutidos por pares de anos ou produção por biênio e média destes ou média das produções.

Pelas Tabelas 5, 7 e 9 da análise de variância das produções, no LE de Machado e nos LEH e LE de Alfenas, em todos os biênios observam-se efeitos altamente significativos ($P > 0,01$) da matéria orgânica (M.O), principalmente no LE de Machado que apresentou um QM (quadrado médio) superior aos demais locais. Estas observações podem ser também acompanhadas pelas Figuras 1, 2 e 3. FRANCO et alii (1960) atribuem isto principalmente ao efeito da M.O em suplementar os elementos químicos do solo pelos elementos minerais que ela encerra. O esterco de galinha utilizado nos ensaios, na quantidade de 2,5 kg continha 61,5 g de

N, 192,2 g de P_2O_5 e 63,0 g de K_2O totais/cova, aplicados no enchimento ou preparo desta e após a terceira produção.

No LRD de S.S. do Paraíso (Tabela 11), foram ob-servadas respostas significativas à M.O apenas no primeiro biênio ($P > 0,01$) e na média dos três biênios de produção ($P > 0,05$). Nos demais biênios, este efeito não foi detectado, conforme mostra também a Figura 4. A ausência de resposta à M.O deveu-se principalmente à falta de respostas dos cafeeiros ao N e ao P neste solo para que esta tivesse mostrado seus efeitos em corrigir desbalanços nutricionais, a não ser no primeiro biênio em que esta teve efeito em relação ao K.

Os efeitos das adubações, independentemente da utilização ou não de M.O, no LE de Machado, no biênio 1979/80, foram significativos ($P > 0,05$) apenas para o K (Tabela 5). Nos demais biênios e na média destes, as respostas ao N foram predominantemente quadráticas, lineares ($P > 0,01$) para o P e lineares-quadráticas ($P > 0,01$) para o K, com maiores tendências a quadráticas em 1975/76 e lineares nos demais. A interação PK foi significativa em 1975/76 ($P > 0,05$) e em 1977/78 ($P > 0,01$).

Ao se desdobrarem os efeitos dos fertilizantes para efeitos na ausência e presença de M.O, no biênio 1979/80, observa-se que os efeitos do K foram lineares na ausência de M.O ($P > 0,01$) e quadráticos ($P > 0,05$) na sua presença, onde a dose dois já foi suficiente para supri-lo ao cafeeiro (Figura 1). Quanto aos outros biênios e à média destes, as respostas ao N na ausência de M.O apresentaram tendências quadráticas ($P > 0,05$), e a dose dois

já pareceu ser suficiente. Na presença de M.O as suas respostas foram lineares-quadráticas ($P > 0,05$) no biênio 1975/76 e, nos demais, não foram significativas, apesar de apresentar tendência quadrática (Figura 1). Na presença de M.O as respostas a P não foram significativas, e a adição deste elemento na dose menor já pareceu ser suficiente. Na ausência de M.O, as suas respostas foram lineares, à exceção do biênio 1979/80 em que não se observaram respostas a este nutriente. Quanto ao K, na ausência de M.O, as suas respostas em todos os biênios e nas médias destes foram significativas e predominantemente lineares ($P > 0,01$). Na presença de M.O, suas respostas foram predominantemente quadráticas, e o acréscimo deste fertilizante mineral na dose dois já pareceu ser suficiente (Tabelas 5 e 6 e Figura 1). No trabalho de SOUZA e CAIXETA (1974) neste mesmo município, mas em um PE, obtiveram respostas lineares ($P > 0,01$) para N, P e K e quadrática para K. Ao se compararem os resultados, na ausência de M.O, à exceção do N cuja dose dois já foi o suficiente, os resultados foram relativamente semelhantes.

No LEH de Alfenas, considerando-se os efeitos das adubações, independentemente da utilização ou não de M.O, observam-se respostas quadráticas ao N ($P > 0,01$) no biênio 1975/76. No biênio 1977/78, na média dos dois biênios e na média das cinco produções, respostas lineares-quadráticas, com predominância da forma linear ($P > 0,01$) devido ao maior QM (Tabela 7). Foram detectadas respostas lineares ao P apenas na média

Tabela 5. Análises de variância da produção dos biênios 1975/76, 1977/78, 1978/80 e da média destes biênios, referentes ao LE de Machado

Causas da Variação	GL	QM			
		1975/76	1977/78	1979/80	\bar{X} dos 3 Biênios
Blocos	2	2,1845	45,9530	503,3411*	33,4906
N	2	30,4157**	193,5790*	227,0177	117,9586*
NL	1	23,7656**	110,0051	2,6623	20,9764
NQ	1	37,0657**	277,1528*	451,3731	214,9407**
P	2	49,8584**	486,0838**	76,1582	149,3096**
PL	1	58,0898**	846,1311**	151,6182	267,1045**
PQ	1	41,6269**	126,1364	0,6983	31,5147
K	2	35,2210**	1789,9526**	456,6861*	535,9099**
KL	1	24,7340**	2156,3640**	521,8179	612,8100**
KQ	1	45,7081**	1423,5412**	391,5544	459,0098**
NL PL	1	0,1350	17,3910	0,0384	2,1004
NL KL	1	2,8981	4,3011	60,7062	14,8680
PL KL	1	15,6009*	392,0417**	33,0411	96,6411
Erro A	15	2,6726	35,4539	117,0113	22,9898
Parcelas	26				
MO	1	539,2856**	1071,7397**	1357,0097**	956,7649**
N x MO	2	0,3719	5,6778	17,6819	5,6265
P x MO	2	33,1999**	612,8559**	5,0995	91,4413*
K x MO	2	25,1236**	27,2326	422,0250*	102,0890*
Erro B	20	3,8657	35,1197	92,5815	22,6836
Total	53				
N Aus. MO	2	14,9760*	107,0231	156,2086	69,1452
" (L)	1	8,5698	33,0484	23,8050	1,6200
" (Q)	1	21,4326*	181,1702*	288,9816	136,5174*
N Pres. MO	2	15,8116*	92,2286	88,4910	54,4399
" (L)	1	15,7360*	82,8184	6,5884	27,0112
" (Q)	1	15,8444*	101,5994	170,1338	81,9182
P Aus. MO	2	81,9983**	1094,5838**	53,1447	236,9072**
" (L)	1	102,8178**	1856,3832**	59,6232	413,8564**
" (Q)	1	61,0566**	324,1350**	6,8694	59,7242
P Pres. MO	2	1,0600	4,3558	48,1130	3,8437
" (L)	1	0,3784	4,2340	93,9882	7,6050
" (Q)	1	1,7184	4,4894	2,0534	0,0384
K Aus. MO	2	46,1935**	958,1148**	653,4880**	431,6384**
" (L)	1	72,3604**	1365,5538**	1258,0128**	726,9484**
" (Q)	1	19,7653*	550,6584**	49,0776	135,6602*
K Pres. MO	2	14,1511*	859,0704**	225,2231	206,3605**
" (L)	1	2,3328	824,9922**	9,9904	64,6384
" (Q)	1	26,2086**	893,0400**	440,1554*	348,8438**
Erro N	33	3,3544	35,2629	103,0514	22,8148
CV (%) Parcela		22,18	25,11	39,13	24,49
Sub parcela		26,68	24,99	34,80	24,33

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)

** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

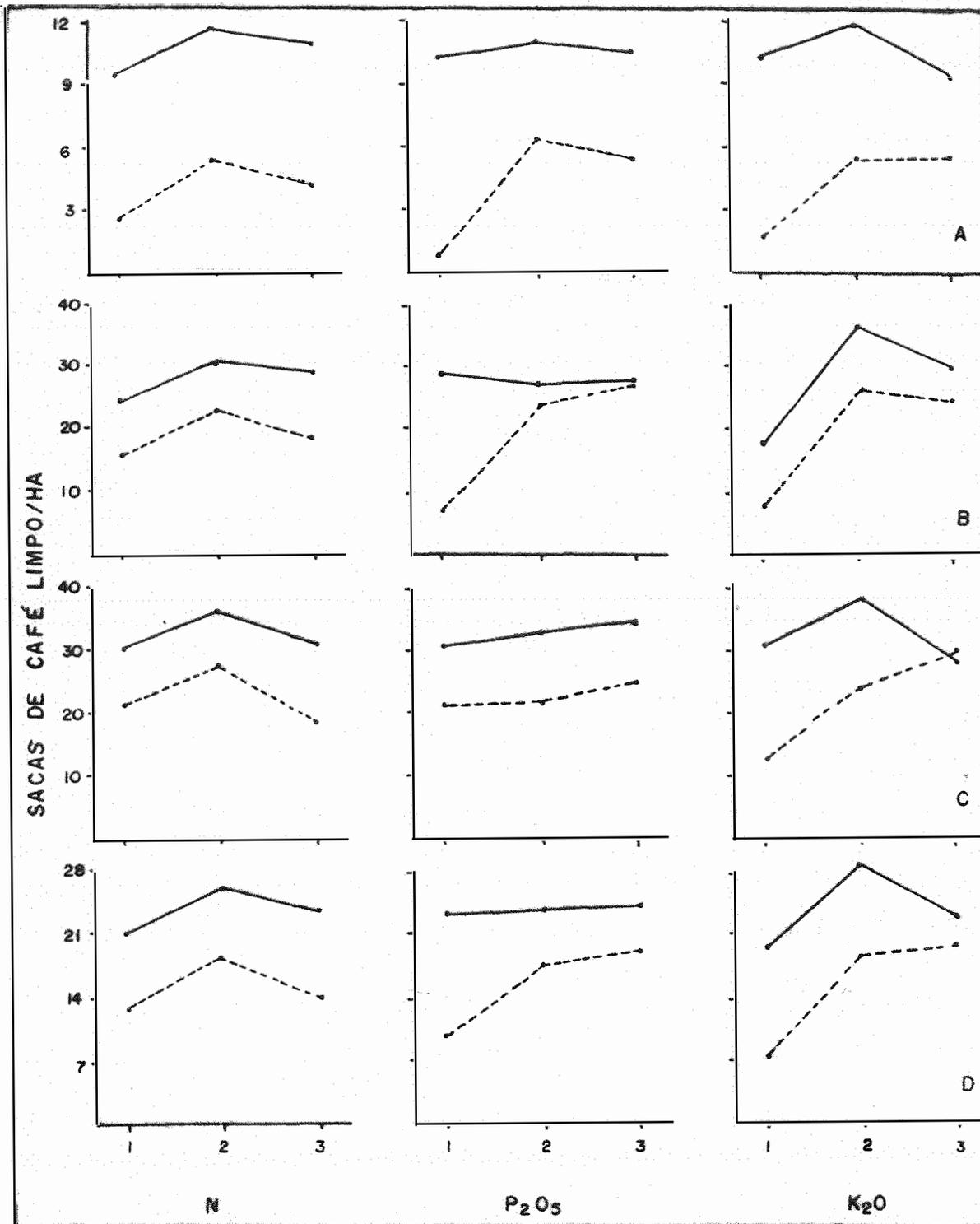


Figura 1. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (—) e ausência (....) de M. orgânica, sobre a produção do biênio 75/76 (A), 77/78 (B), 79/80 (C), e da média dos três biênios (D), no LE de Machado (sacas de café limpo/ha).

Tabela 5. Equações de regressão para a produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de níveis crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O, na presença e ausência de matéria orgânica, referentes ao LE de Machado

Elemento	Equações	
- Biênio 1975/76 -		
N (-MO)	$y = 2,82 + 0,69 xi$	NS
	$y = -3,48 + 8,25 xi - 1,89 xi^2$	(*)
N (+MO)	$y = 8,66 + 0,93 xi$	(*)
	$y = 3,24 + 7,44 xi - 1,62 xi^2$	(*)
P (-MO)	$y = -0,58 + 2,39 xi$	(**)
	$y = -11,21 + 15,15 xi - 3,19 xi^2$	(**)
P (+MO)	$y = 10,23 + 0,14 xi$	NS
	$y = 8,45 + 2,28 xi - 0,53 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 0,19 + 2,00 xi$	(**)
	$y = -5,86 + 9,26 xi - 1,81 xi^2$	(*)
K (+MO)	$y = 11,24 - 0,36 xi$	NS
	$y = 4,27 + 8,00 xi - 2,09 xi^2$	(**)
- Biênio 1977/78 -		
N (-MO)	$y = 16,54 + 1,35 xi$	NS
	$y = -1,78 + 23,34 xi - 5,50 xi^2$	(*)
N (+MO)	$y = 23,87 + 2,14 xi$	NS
	$y = 10,15 + 18,60 xi - 4,12 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = -1,11 + 10,18 xi$	(**)
	$y = -25,61 + 39,58 xi - 7,35 xi^2$	(**)
P (+MO)	$y = 29,13 - 0,48 xi$	NS
	$y = 32,01 - 3,94 xi + 0,86 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 1,82 + 8,71 xi$	(**)
	$y = -30,11 + 47,03 xi - 0,58 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 14,62 + 6,77 xi$	(**)
	$y = -26,05 + 55,57 xi - 12,20 xi^2$	(**)

Tabela 6. Continuação

Elemento	Equações	
- Biênio 1979/80 -		
N (-MO)	$y = 24,92 - 1,15 xi$	NS
	$y = 1,79 + 26,61 xi - 6,94 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 31,44 + 0,60 xi$	NS
	$y = 13,69 + 21,90 xi - 5,32 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 18,98 + 1,82 xi$	NS
	$y = 22,55 - 2,46 xi + 1,07 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 28,08 + 2,28 xi$	NS
	$y = 26,13 + 4,62 xi - 0,58 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 5,90 + 8,36 xi$	(**)
	$y = -3,63 + 19,80 xi - 2,86 xi^2$	NS
K (+MO)	$y = 34,14 - 0,74 xi$	NS
	$y = 5,59 + 33,51 xi - 8,56 xi^2$	(*)
- Média dos 3 Biênios -		
N (-MO)	$y = 14,76 + 0,30 xi$	NS
	$y = -1,14 + 19,38 xi - 4,77 xi^2$	(*)
N (+MO)	$y = 21,33 + 1,22 xi$	NS
	$y = 9,01 + 16,00 xi - 3,70 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 5,77 + 4,80 xi$	(**)
	$y = -4,75 + 17,42 xi - 3,16 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 22,48 + 0,65 xi$	NS
	$y = 22,21 + 0,97 xi - 0,08 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 2,65 + 6,36 xi$	(**)
	$y = -13,20 + 25,38 xi - 4,76 xi^2$	(*)
K (+MO)	$y = 19,99 + 1,89 xi$	NS
	$y = -5,43 + 32,40 xi - 7,62 xi^2$	(**)

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)

** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

das cinco produções ($P > 0,05$). Respostas lineares ao K foram observadas nos biênios 1977/78, na média dos dois biênios ($P > 0,05$) e na média das cinco produções ($P > 0,01$).

Ao se isolarem os efeitos das adubações na presença e ausência de M.O no LEH de Alfenas (Tabelas 7 e 8 e Figura 2) observa-se que, na ausência de M.O, as respostas ao N foram quadráticas ($P > 0,01$) no biênio 1975/76, lineares-quadráticas 1977/78 com predominância linear ($P > 0,01$) e lineares-quadráticas na média dos dois biênios e na média das cinco produções com tendência a mostrar que a dose dois já era suficiente para as produções obtidas. Na presença de M.O, as respostas ao N foram lineares-quadráticas no biênio 1975/76, mas tendendo a quadráticas e no biênio 1977/78, na média dos dois biênios e na média das cinco produções as respostas foram lineares ($P > 0,01$). Isto talvez se deva ao fato de que outros nutrientes fornecidos pela matéria orgânica que em sua falta limitavam a produção, fariam com que os efeitos do N não fossem expressados. Assim, na presença de M.O, maiores quantidades de N proporcionaram maiores respostas. As respostas ao P foram significativas na ausência de M.O de forma linear ($P > 0,01$) no biênio 1975/76, na média dos dois biênios ($P > 0,05$) e na média das cinco produções ($P > 0,01$). Na presença de M.O, a dose um de P já pareceu ser suficiente. As respostas ao K, na ausência de M.O, foram lineares ($P > 0,01$) no biênio 1977/78, na média dos dois biênios e na média cinco produções. Na presença de M.O, a dose um já pareceu ser suficiente, não diferindo das demais doses.

Tabela 7. Análises de variância da produção dos biênios 1975/76 e 1977/78, da média destes dois biênios e da média de 5 produções (1975 a 1979), referentes ao LEH de Alfenas

Causas da Variação	GL	QM			
		1975/76	1977/78	\bar{X} de 2 Biênios	\bar{X} das 5 Produções
Blocos	2	15,9979	207,7730*	85,5452*	76,8380
N	2	72,6928**	868,6499**	330,3150**	608,0272**
NL	1	24,2064	1449,8325**	464,4743**	817,7693**
NQ	1	121,1793**	287,4672*	196,1556**	398,2850**
P	2	14,3152	51,1079	27,6841	130,7430*
PL	1	27,9312	62,5154	42,8152	230,5842*
PQ	1	0,6992	39,7005	12,5530	30,9018
K	2	3,8304	233,7290*	74,3063*	161,3305*
KL	1	5,1001	426,5602*	132,4034*	293,5563**
KQ	1	2,5607	40,8977	16,2092	28,9957
NL PL	1	3,9447	0,4845	1,9895	4,6640
NL KL	1	8,6160	40,3782	2,6934	0,4240
PL KL	1	5,2360	40,6120	3,8962	4,5850
Erro A	15	7,1734	52,3083	19,8073	30,2512
Parcelas	26				
MO	1	97,3111**	430,7845**	233,0436**	485,5802**
N x MO	2	8,8256	23,5386	15,3156	15,7341
P x MO	2	18,0568	57,1525	35,3300	181,1532**
K x MO	2	11,9150	53,0084	21,2523	29,4956
Erro B	20	7,4248	34,1565	14,0062	28,1488
Total	53				
N Aus. MO	2	45,7774**	387,9096**	150,8476**	238,8834**
" (L)	1	1,1250	544,5000**	148,7812**	265,4208**
" (Q)	1	90,3264**	232,1304*	153,3182**	212,4150*
N Pres. MO	2	35,7410*	504,2789**	194,7830**	384,8778**
" (L)	1	34,7779*	931,8244**	333,5944**	583,7944**
" (Q)	1	36,6054*	76,2554	55,2674	185,8154*
P Aus. MO	2	31,8536*	94,1842	58,0392*	289,7129**
" (L)	1	63,6192**	172,4224	111,1540*	576,6408**
" (Q)	1	0,0872	15,8438	4,5938	2,9400
P Pres. MO	2	0,5184	14,0762	4,9749	22,1833
" (L)	1	0,2305	3,8088	1,7298	6,4800
" (Q)	1	0,7994	24,2406	8,2134	37,8006
K Aus. MO	2	9,2168	254,3423**	85,6631*	164,3881**
" (L)	1	16,9362	456,3220**	162,5404**	300,3700**
" (Q)	1	1,5000	52,0382	8,8574	28,6454
K Pres. MO	2	6,5286	32,3951	9,8955	26,4381
" (L)	1	0,8712	61,2724	12,4002	47,5312
" (Q)	1	12,2694	3,3302	7,2600	5,1338
Erro N	33	7,3170	41,9358	16,4924	29,0499
CV (%) Parcela		54,12	40,41	38,98	35,41
Subparcela		55,06	32,66	32,78	34,16

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)
 ** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

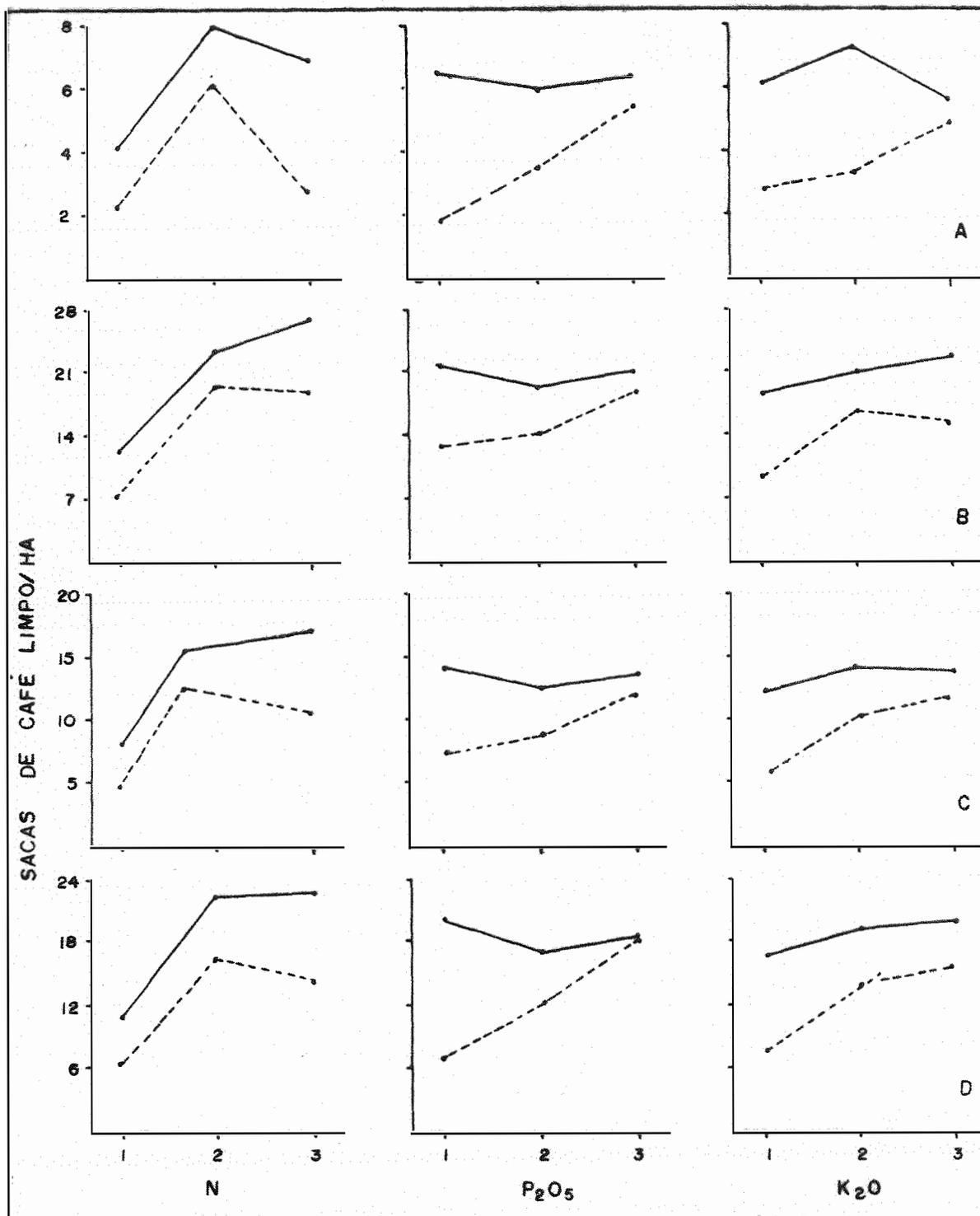


Figura 2. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (—) e ausência (....) de M. orgânica, sobre a produção do biênio 75/76 (A), 77/78 (B), média dos dois biênios (C) e média de cinco produções 1975 a 1979 (D) no LEH de Alfenas (sacas de café limpo/ha).

Tabela 8. Equações de regressão para a produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de níveis crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x), na presença e ausência de matéria orgânica referentes ao LEH de Alfenas

Elemento	Equações	
- Biênio 1975/76 -		
N (-MO)	$y = 3,10 + 0,25 \text{ xi}$	NS
	$y = -9,83 + 15,77 \text{ xi} - 3,88 \text{ xi}^2$	(**)
N (+MO)	$y = 3,50 + 1,39 \text{ xi}$	(*)
	$y = -4,73 + 11,27 \text{ xi} - 2,47 \text{ xi}^2$	(*)
P (-MO)	$y = -0,16 + 1,88 \text{ xi}$	(**)
	$y = 0,24 + 1,40 \text{ xi} + 0,12 \text{ xi}^2$	NS
P (+MO)	$y = 6,51 - 0,11 \text{ xi}$	NS
	$y = 7,73 - 1,58 \text{ xi} + 0,36 \text{ xi}^2$	NS
K (-MO)	$y = 1,66 + 0,97 \text{ xi}$	NS
	$y = 3,33 - 1,03 \text{ xi} + 0,50 \text{ xi}^2$	NS
K (+MO)	$y = 6,73 - 0,22 \text{ xi}$	NS
	$y = 1,96 + 5,50 \text{ xi} - 1,43 \text{ xi}^2$	NS
- Biênio 1977/78 -		
N (-MO)	$y = 4,06 + 5,50 \text{ xi}$	(**)
	$y = -16,67 + 30,38 \text{ xi} - 6,22 \text{ xi}^2$	(*)
N (+MO)	$y = 6,32 + 7,19 \text{ xi}$	(**)
	$y = -5,56 + 21,46 \text{ xi} - 3,56 \text{ xi}^2$	NS
P (-MO)	$y = 8,87 + 3,10 \text{ xi}$	NS
	$y = 14,29 - 3,40 \text{ xi} + 1,62 \text{ xi}^2$	NS
P (+MO)	$y = 21,63 - 0,46 \text{ xi}$	NS
	$y = 28,33 - 8,50 \text{ xi} + 2,01 \text{ xi}^2$	NS
K (-MO)	$y = 4,50 + 5,03 \text{ xi}$	(**)
	$y = -4,82 + 16,81 \text{ xi} - 2,94 \text{ xi}^2$	NS
K (+MO)	$y = 17,02 + 1,84 \text{ xi}$	NS
	$y = 14,54 + 4,82 \text{ xi} - 0,74 \text{ xi}^2$	NS

Tabela 8. Continuação

Elemento	Equações	
- Média dos 2 Biênios -		
N (-MO)	$y = 3,58 + 2,87 xi$	(**)
	$y = -13,27 + 23,09 xi - 5,06 xi^2$	(**)
N (+MO)	$y = 4,88 + 4,30 xi$	(**)
	$y = -5,24 + 16,44 xi - 3,03 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 4,36 + 2,48 xi$	(*)
	$y = 7,28 - 1,01 xi + 0,87 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 14,11 - 0,31 xi$	NS
	$y = 18,01 - 4,99 xi + 1,17 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 3,32 + 3,00 xi$	(**)
	$y = -0,73 + 7,86 xi - 1,21 xi^2$	NS
K (+MO)	$y = 11,83 + 0,83 xi$	NS
	$y = 8,16 + 5,23 xi - 1,10 xi^2$	NS
- Média das 5 Produções -		
N (-MO)	$y = 4,84 + 3,84 xi$	(**)
	$y = -14,99 + 27,64 xi - 5,95 xi^2$	(*)
N (+MO)	$y = 7,13 + 5,69 xi$	(**)
	$y = -11,42 + 27,96 xi - 5,56 xi^2$	(*)
P (-MO)	$y = 1,21 + 5,66 xi$	(**)
	$y = 3,54 + 2,86 xi + 0,70 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 19,72 - 0,60 xi$	NS
	$y = 28,09 - 10,64 xi + 2,51 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 4,35 + 4,08 xi$	(**)
	$y = -2,93 + 12,82 xi - 2,18 xi^2$	NS
K (+MO)	$y = 15,27 + 1,62 xi$	NS
	$y = 12,19 + 5,32 xi - 0,92 xi^2$	NS

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)

** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

Os efeitos das adubações no LE de Alfenas independentemente da utilização ou não de M.O (Tabela 9), foram significativos de forma linear-quadrática ($P > 0,05$) para o N, no biênio 1975/76 e lineares ($P > 0,05$) no biênio 1977/78 e na média dos dois biênios. Quanto ao P, suas respostas foram lineares ($P > 0,05$) no biênio 1975/76, na média dos dois biênios e na média das cinco produções ($P > 0,01$). As respostas ao K foram lineares-quadráticas ($P > 0,05$) no biênio 1975/76 e predominantemente lineares ($P > 0,01$) no biênio 1977/78, na média dos dois biênios e na média das cinco produções.

Ao se separarem os efeitos das adubações minerais no LE de Alfenas, na presença e ausência de M.O (Tabelas 9 e 10 e Figura 3), vê-se que o efeito do N, na ausência de M.O somente foi significativa ($P > 0,05$) de forma quadrática na média das cinco produções. Nas outras épocas, apesar de não haver diferenças entre as doses, a dose dois pareceu ser suficiente para as maiores produções. Isto também ocorreu para o K, conforme pode ser observado na Figura 3. Talvez isto se deva ao fato de que outros nutrientes estariam sendo limitantes, a partir desta dose dois de N (ou de K), fazendo com que maiores produções não se expressem a maiores doses destes nutrientes. Ao se usar o esterco de galinha, que é, de uma maneira geral, bastante rico nos diversos nutrientes, maiores doses de N e K corresponderam em maiores produções. Na presença de M.O, os efeitos do N foram lineares ($P > 0,05$) no biênio 1977/78, na média dos dois biênios e na média das cinco produções. Na ausência de M.O, houveram res

Tabela 9. Análises de variância da produção dos biênios 1975/76 e 1977/78, da média destes dois biênios e da média de 5 produções (1975 a 1979), referentes ao LE de Alfenas

Causas da Variação	GL	QM			
		1975/76	1977/78	\bar{X} dos 2 Biênios	\bar{X} das 5 Produções
Blocos	2	23,1309	209,3288**	91,2468**	122,1562*
N	2	42,2361*	49,7360	43,6575*	47,3062
NL	1	35,2242*	81,9025*	57,1788*	25,2841
NQ	1	49,2481*	17,5694	30,1363	69,3284
P	2	30,6562*	39,5762	34,4124	132,0673*
PL	1	60,7620*	79,0321	68,6412*	257,6025**
PQ	1	0,5505	0,1202	0,1835	6,5320
K	2	40,0348*	246,5421	120,1471**	211,7988**
KL	1	41,0454*	346,0840**	156,0417**	284,9907**
KQ	1	39,0242*	147,0002**	84,2524*	138,6069*
NL PL	1	8,9182	14,0301*	11,3438	77,9762
NL KL	1	0,3337	0,0495	0,2360	0,2604
PL KL	1	9,5004	27,0725	0,9720	0,0000
Erro A	15	7,5772	17,7516	10,0295	25,3325
Parcelas	26				
MO	1	276,4436**	236,9657**	259,5908**	202,3045**
N x MO	2	0,2580	14,3459	4,4452	65,3032
P x MO	2	131,1830**	152,3801**	136,4034**	124,7814**
K x MO	2	63,7904*	14,3915	31,2449	25,4632
Erro B	20	13,9447	12,9948	10,9829	20,7237
Total	53				
N Aus. MO	2	18,5839	17,9741	17,7684	62,0344
" (L)	1	13,6242	10,5340	12,1032	8,4460
" (Q)	1	23,5224	25,5854	23,5224	115,8962*
N Pres. MO	2	23,9102	45,1077	30,3343	50,5750
" (L)	1	21,9784	91,5304*	52,0200*	100,2528*
" (Q)	1	25,8334	0,7562	8,4966	1,0584
P Aus. MO	2	124,5960**	166,8766**	142,2077**	233,4825**
" (L)	1	200,2000**	314,5032**	251,7768**	575,1060**
" (Q)	1	48,9062*	19,0104	32,8536	91,9633
P Pres. MO	2	37,2432	25,0796	28,6081	23,3662
" (L)	1	9,8568	26,7912	10,8112	11,0920
" (Q)	1	64,9446*	23,2854	46,5374	55,8682
K Aus. MO	2	94,3592**	133,7560**	112,2978**	166,1485**
" (L)	1	39,6940	126,4050**	79,0024**	154,0012*
" (Q)	1	149,1014**	140,5536**	146,1254**	177,8882**
K Pres. MO	2	9,4660	127,1776**	39,0942*	71,1135
" (L)	1	39,6940	226,2064**	77,5012**	131,2200*
" (Q)	1	149,1014	27,8642	0,7994	10,9350
Erro N	35	11,2158	15,0334	10,5743	22,6989
CV (%) Parcela		29,83	23,85	23,55	26,71
Subparcela		40,47	20,40	24,64	24,16

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)
 ** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

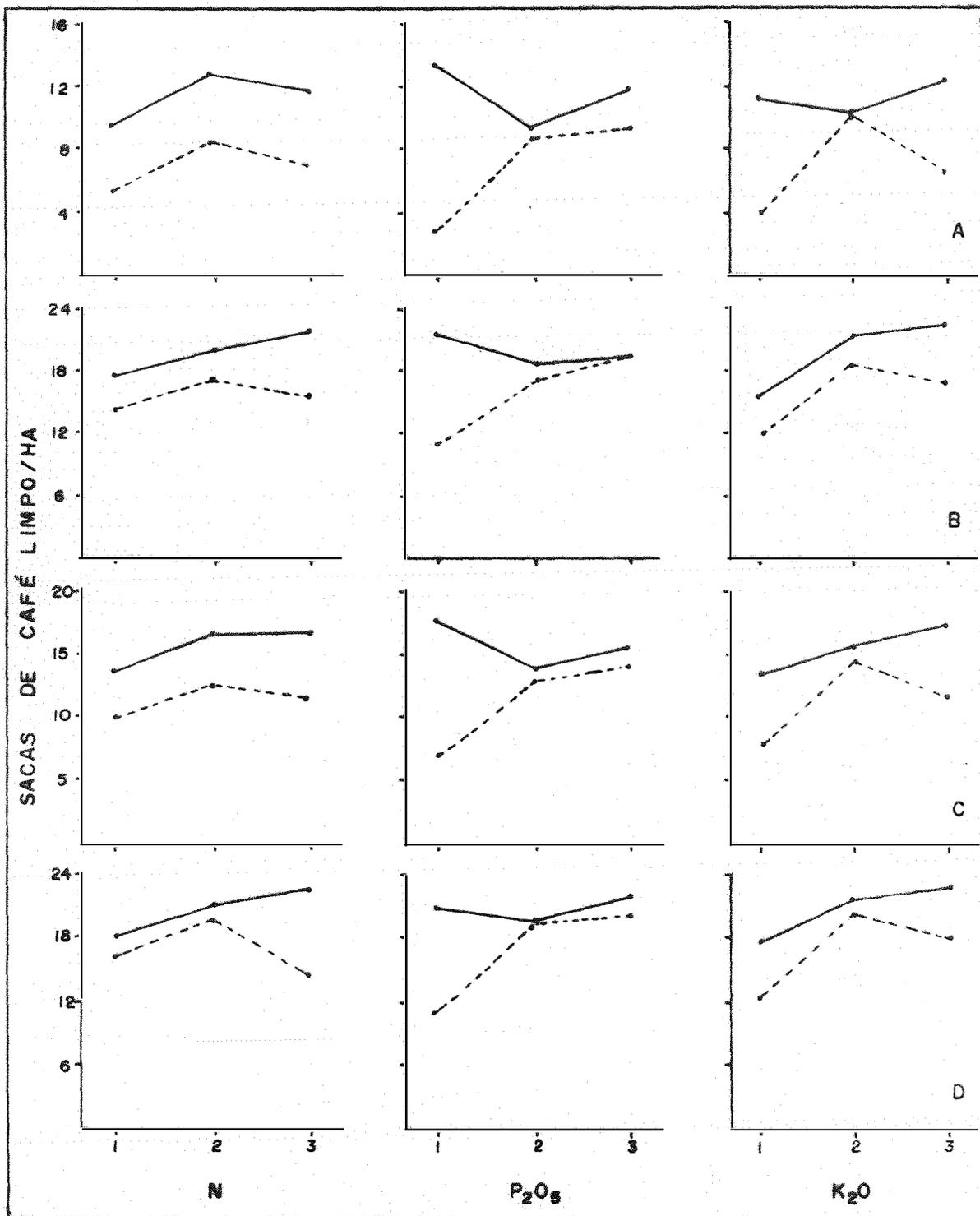


Figura 3. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (—) e na ausência (....) de M. orgânica, sobre a produção do biênio 75/76 (A), 77/78 (B), média dos dois biênios (C) e média de cinco produções 1975 a 1979 (D), no LE de Alfenas (sacos de café limpo/ha).

Tabela 10. Equações de regressão para a produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de níveis crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x), na presença e ausência de matéria orgânica, referentes ao LE de Alfenas

Elemento	Equações	
- Biênio 1975/76 -		
N (-MO)	$y = 5,22 + 0,87 xi$	NS
	$y = -1,58 + 8,79 xi - 1,98 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 9,28 + 1,10 xi$	NS
	$y = 2,36 + 9,40 xi - 2,08 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 0,29 + 3,33 xi$	(**)
	$y = -9,23 + 14,76 xi - 2,86 xi^2$	(*)
P (+MO)	$y = 12,96 + 0,74 xi$	NS
	$y = 23,93 - 13,90 xi + 3,29 xi^2$	(*)
K (-MO)	$y = 3,99 + 1,48 xi$	NS
	$y = -12,63 + 21,42 xi - 4,98 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 10,18 + 0,65 xi$	NS
	$y = 14,75 - 4,83 xi + 1,37 xi^2$	NS
- Biênio 1977/78 -		
N (-MO)	$y = 14,03 + 0,76 xi$	NS
	$y = 7,15 + 9,02 xi - 2,06 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 15,24 + 2,25 xi$	(*)
	$y = 14,06 + 3,67 xi - 0,35 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 7,20 + 4,18 xi$	NS
	$y = 1,27 + 11,30 xi - 1,78 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 22,19 - 1,22 xi$	NS
	$y = 28,76 - 9,10 xi + 1,97 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 10,26 + 2,65 xi$	(**)
	$y = -5,87 + 22,01 xi - 4,84 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 12,66 + 3,54 xi$	(**)
	$y = 5,48 + 12,16 xi - 2,16 xi^2$	NS

Tabela 10. Continuação

Elemento	Equações	
- Média dos 2 Biênios -		
N (-MO)	$y = 9,61 + 0,82 \text{ xi}$	NS
	$y = 3,01 + 8,74 \text{ xi} - 1,98 \text{ xi}^2$	NS
N (+MO)	$y = 12,24 + 1,70 \text{ xi}$	(*)
	$y = 8,27 + 6,46 \text{ xi} - 1,19 \text{ xi}^2$	NS
P (-MO)	$y = 3,77 + 3,74 \text{ xi}$	(**)
	$y = -4,03 + 13,10 \text{ xi} - 2,34 \text{ xi}^2$	NS
P (+MO)	$y = 17,58 - 0,98 \text{ xi}$	NS
	$y = 26,20 - 11,32 \text{ xi} + 2,58 \text{ xi}^2$	NS
K (-MO)	$y = 7,06 + 2,09 \text{ xi}$	(**)
	$y = -9,39 + 21,84 \text{ xi} - 4,94 \text{ xi}^2$	(**)
K (+MO)	$y = 11,49 + 2,08 \text{ xi}$	(**)
	$y = 10,27 + 3,54 \text{ xi} - 0,36 \text{ xi}^2$	NS
- Média das 5 Produções -		
N (-MO)	$y = 18,27 - 0,68 \text{ xi}$	NS
	$y = 3,62 + 16,89 \text{ xi} - 4,40 \text{ xi}^2$	(*)
N (+MO)	$y = 16,05 + 2,36 \text{ xi}$	(*)
	$y = 14,65 + 4,04 \text{ xi} - 0,42 \text{ xi}^2$	NS
P (-MO)	$y = 7,77 + 4,56 \text{ xi}$	(**)
	$y = -5,28 + 20,22 \text{ xi} - 3,92 \text{ xi}^2$	NS
P (+MO)	$y = 19,20 + 0,78 \text{ xi}$	NS
	$y = 27,35 - 9,00 \text{ xi} + 2,44 \text{ xi}^2$	NS
K (-MO)	$y = 11,05 + 2,92 \text{ xi}$	(*)
	$y = -7,10 + 24,70 \text{ xi} - 5,44 \text{ xi}^2$	(**)
K (+MO)	$y = 15,37 + 2,70 \text{ xi}$	(*)
	$y = 10,87 + 8,10 \text{ xi} - 1,35 \text{ xi}^2$	NS

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

postas ao P, em todas as épocas, de forma linear ($P > 0,01$). Na presença de M.O esta foi significativa ($P > 0,05$) apenas no biênio 1975/76 de forma quadrática, além do fato de que, em todas as épocas, na menor das doses já pareceu ser suficiente (Figura 3). As respostas ao K, na ausência de M.O, foram predominantemente quadráticas ($P > 0,01$) em todas as épocas, mostrando que a dose dois já era suficiente para maiores produções. Na presença de M.O, as respostas ao K foram significativas de forma lineares no biênio 1977/78 e na média dos dois biênios ($P > 0,01$) e na média das cinco produções ($P > 0,05$).

Os efeitos das adubações, independentemente da utilização ou não de M.O, no LRD de S. S. do Paraíso (Tabela 11) no caso do N, foram significativos ($P > 0,01$) de forma linear no biênio 1975/76 e de forma quadrática, no biênio 1979/80 ($P > 0,05$) e na média dos três biênios ($P > 0,01$). As respostas ao P não evidenciaram diferenças entre as doses em nenhum dos biênios ou suas médias. Os efeitos entre as doses de K foram significativos em todos os biênios e suas médias, nas formas lineares-quadráticas, sendo que os efeitos foram predominantemente lineares ($P > 0,01$), devido aos maiores valores do QM. A interação PK foi significativa ($P > 0,05$) no biênio 1975/76 e a NK, no biênio 1977/78 ($P > 0,05$).

Ao se separarem os efeitos das doses dos fertilizantes, na ausência e presença de M.O no LRD de S.S. do Paraíso (Tabelas 11 e 12 e Figura 4), observa-se que, na ausência de M.O, as respostas ao N foram lineares ($P > 0,05$) no biênio 1975/

Tabela 11. Análises de variância da produção dos biênios 1975/76, 1977/78 e 1979/80, e da média destes biênios, referentes ao LRD de São Sebastião do Paraíso

Causas da Variação	GL	QM			
		1975/76	1977/78	1979/80	\bar{X} dos 3 Biênios
Blocos	2	14,9747	64,3820*	14,2459	21,7772
N	2	40,9649**	27,4110	85,6034*	27,8926*
NL	1	75,6320**	22,0743	16,0935	7,2630
NQ	1	6,2979	32,7477	155,1133*	48,5222**
P	2	2,9075	31,0183	13,9561	2,3817
PL	1	3,5847	43,6260	27,0400	0,0125
PQ	1	2,2303	18,4106	0,8722	4,7510
K	2	84,1369**	1709,4118**	959,1477**	738,6558**
KL	1	138,1800**	2959,3599**	1653,3711**	1271,6356**
KQ	1	30,0939*	459,4638**	264,9243**	205,6760**
NL PL	1	13,4550	0,1535	234,1875**	41,6067*
NL KL	1	9,2628	68,5463*	13,4101	24,9696
PL KL	1	34,9933*	32,3640	30,6908	31,9704
Erro A	15	5,6576	14,9967	18,1436	7,2578
Parcelas	26				
MO	1	145,8623**	8,5848	81,5289	65,1429*
N x MO	2	3,8823	34,2637	2,2213	3,0108
P x MO	2	1,0730	18,0665	66,6928	19,8902
K x MO	2	40,0902**	4,9693	20,5712	8,0277
Erro B	20	4,4428	25,5972	19,9180	9,3722
Total	53				
N Aus. MO	2	10,8410	0,3035	44,0139	7,9027
" (L)	1	21,3858*	0,5832	2,0200	5,3464
" (Q)	1	0,2646	0,0216	85,9754*	10,5338
N Pres. MO	2	34,0062**	61,3711	43,8108	23,0007
" (L)	1	58,6444**	54,8104	18,0000	2,2684
" (Q)	1	9,1514	67,9394	69,7686	43,5782*
P Aus. MO	2	1,4192	1,3927	60,6335	6,7622
" (L)	1	2,8800	2,7378	101,9592*	11,3764
" (Q)	1	0,0054	0,0006	19,2246	2,1242
P Pres. MO	2	2,5613	47,6921	20,0154	15,5097
" (L)	1	0,9522	58,6444	7,6050	10,2604
" (Q)	1	4,1334	36,4574	32,5734	20,6462
K Aus. MO	2	112,0972**	765,0245**	628,3435**	440,4924**
" (L)	1	141,1200**	1323,5513**	1068,6065**	729,2380**
" (Q)	1	83,0304**	206,3894**	188,4962**	152,7122**
K Pres. MO	2	12,1300	949,3566**	351,1754**	306,1910**
" (L)	1	22,5792*	1643,3645**	616,0050**	549,4612**
" (Q)	1	1,8150	254,6714**	86,6400*	62,7914*
Erro N	33	4,9634	21,0541	19,1576	8,4661
CV (%) Parcela		21,08	12,15	10,42	9,62
Subparcela		18,68	15,88	10,92	10,93

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)

** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

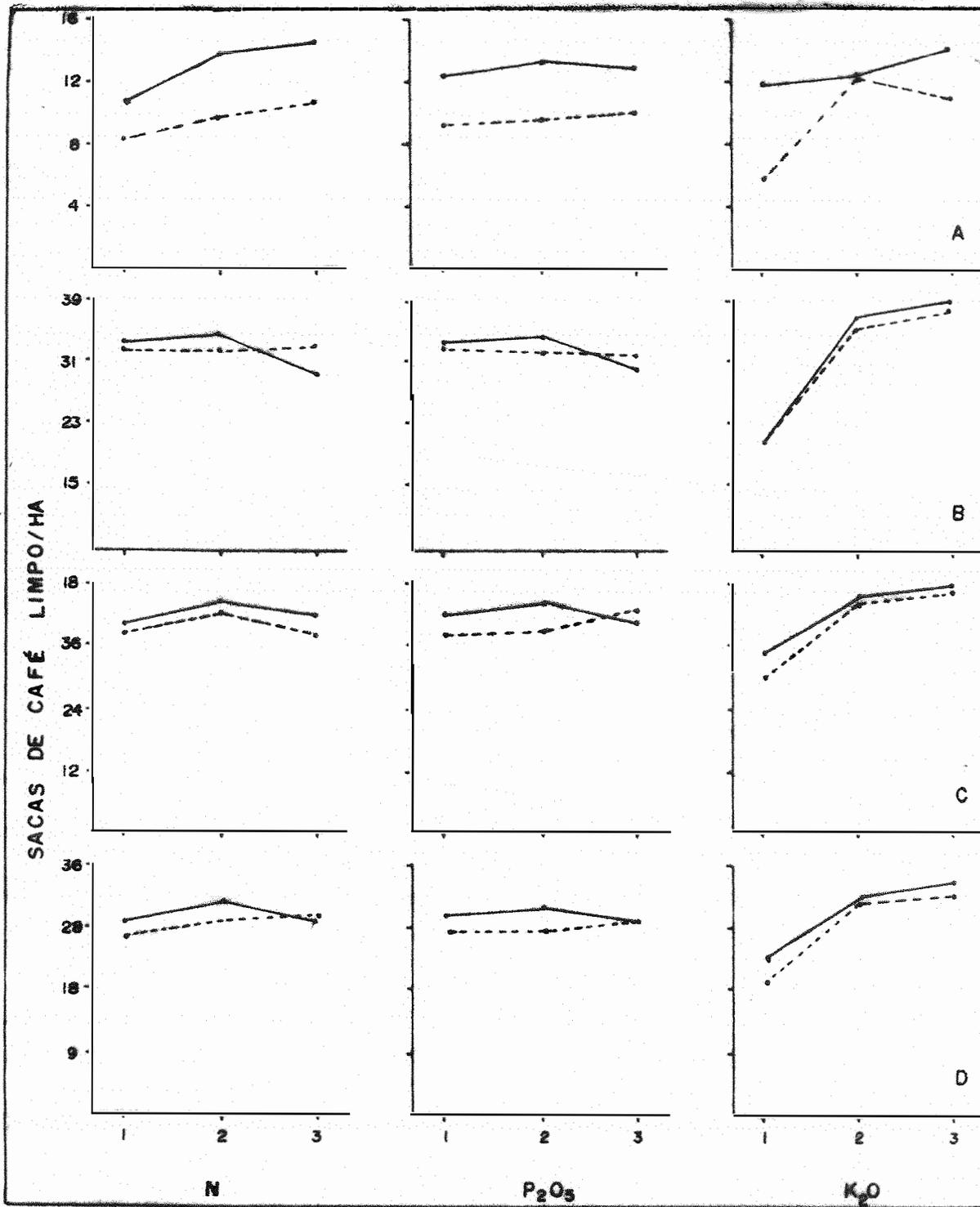


Figura 4. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (—) e ausência (....) de M. orgânica, sobre a produção do biênio 75/76 (A), 77/78 (B), 79/80 (C) e das médias dos três biênios (D), no LRd de S.S. do Pará (sacas de café limpo/ha).

Tabela 12. Equações de regressão para a produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de níveis crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x), na presença e ausência de matéria orgânica, referentes ao LRD de São Sebastião do Paraíso

Elemento	Equações	
- Biênio 1975/76 -		
N (-MO)	$y = 7,45 + 1,09 xi$	(*)
	$y = 6,75 + 1,93 xi - 0,21 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 9,31 + 1,80 xi$	(**)
	$y = 5,19 + 6,74 xi - 1,24 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 8,83 + 0,40 xi$	NS
	$y = 8,73 + 0,52 xi - 0,03 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 12,46 + 0,23 xi$	NS
	$y = 9,69 + 3,55 xi - 0,83 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 4,03 + 2,80 xi$	(**)
	$y = -8,37 + 17,68 xi - 3,72 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 10,68 + 1,12 xi$	(*)
	$y = 12,51 - 1,08 xi + 0,55 xi^2$	NS
- Biênio 1977/78 -		
N (-MO)	$y = 31,09 + 0,18 xi$	NS
	$y = 31,29 - 0,06 xi + 0,06 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 35,73 - 1,74 xi$	NS
	$y = 24,53 + 11,70 xi - 3,36 xi^2$	(*)
P (-MO)	$y = 32,23 - 0,39 xi$	NS
	$y = 32,20 - 0,35 xi - 10,00 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 35,86 - 1,80 xi$	NS
	$y = 27,64 + 8,05 xi - 2,46 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 14,30 + 8,57 xi$	(**)
	$y = -5,25 + 32,04 xi - 5,86 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 13,14 + 9,55 xi$	(**)
	$y = -8,58 + 35,62 xi - 6,52 xi^2$	(*)

Tabela 12. Continuação

Elemento	Equações	
- Biênio 1979/80 -		
N (-MO)	$y = 38,96 + 0,33 xi$	NS
	$y = 26,34 + 15,47 xi - 3,78 xi^2$	(*)
N (+MO)	$y = 40,08 + 1,00 xi$	NS
	$y = 28,71 + 14,64 xi - 3,41 xi^2$	NS
P (-MO)	$y = 34,86 + 2,38 xi$	(*)
	$y = 40,83 - 4,78 xi + 1,79 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 43,38 - 0,65 xi$	NS
	$y = 35,61 + 8,67 xi - 2,33 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 24,21 + 7,70 xi$	(**)
	$y = 5,53 + 30,12 xi - 5,60 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 29,16 + 6,30 xi$	(**)
	$y = 14,98 + 23,32 xi - 4,26 xi^2$	(*)
- Média dos 3 Biênios -		
N (-MO)	$y = 25,81 + 0,54 xi$	NS
	$y = 21,36 + 5,88 xi - 1,33 xi^2$	NS
N (+MO)	$y = 28,38 + 0,36 xi$	NS
	$y = 19,40 + 11,14 xi - 2,70 xi^2$	(*)
P (-MO)	$y = 25,31 + 0,80 xi$	NS
	$y = 27,29 - 1,58 xi + 0,60 xi^2$	NS
P (+MO)	$y = 30,60 - 0,75 xi$	NS
	$y = 24,42 + 6,66 xi - 1,86 xi^2$	NS
K (-MO)	$y = 14,17 + 6,36 xi$	(**)
	$y = -2,65 + 26,54 xi - 5,04 xi^2$	(**)
K (+MO)	$y = 18,04 + 5,52 xi$	(**)
	$y = 7,26 + 18,46 xi - 3,24 xi^2$	(*)

* - Significativo a 5% de probabilidade ($P > 0,05$)** - Significativo a 1% de probabilidade ($P > 0,01$)

76 e quadráticas, no biênio 1979/80 ($P > 0,05$). Na presença de M.O, as respostas ao N foram de forma linear ($P > 0,05$). As respostas ao P somente apresentaram diferenças entre doses, no biênio 1979/80, de forma linear ($P > 0,05$), na ausência de M.O. Os solos originários de basalto, como este LRD de S.S. do Paraíso, apresentam teores de P total elevado, suprindo bem as plantas, não sendo detectado pelo extrator utilizado (Mehlich) que predizia um teor original de P de apenas 2 ppm (Tabela 2). RAIJ (s.d.) comenta que, em solos originários de basalto, o P extraído pelo método da resina trocadora de ions extrai 10 vezes mais P do que o Mehlich. A falta de respostas ao P no solo pode ser explicada pelo suprimento adequado deste nutriente, não detectado pelo extrator. Os efeitos das doses de K, na ausência de M.O, foram de natureza linear-quadrática, mas predominantemente de forma linear ($P > 0,01$). Na presença de M.O, ocorreram respostas lineares ($P > 0,05$) no biênio 1975/76 e também de forma linear-quadrática, mas predominantemente linear ($P > 0,01$), nos dois outros biênios e na média destes.

As respostas generalizadas ao N, no LE de Machado e nos LEH e LE de Alfenas, todos "sob vegetação de cerrado" (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 e Figuras 1, 2 e 3), confirmam os trabalhos feitos por GALLO et alii (1971), MORAES et alii (1974), HIROCE et alii (1974), SOUZA e CAIXETA (1974) e HIROCE et alii (1975) e os levantamentos nutricionais de lavouras, conforme constataram LOTT et alii (1961), GALLO et alii (1970) e HIROCE (1981), como sendo um elemento bem carente apesar de que no

Estado, PEREIRA et alii (1976) e GARCIA et alii (1983) afirmaram não ser problema este elemento. No LRD de S.S. do Paraíso as respostas ao N não foram tão evidentes. Nos LEH e no LE, am bos de Alfenas, na presença de M.O, na maioria das vezes as respostas foram lineares e não significativas no LE de Machado. Talvez, isto se deva ao fato de que a M.O, ao suplementar os cafeeiros em P e K e outros nutrientes, bastante deficientes nes tes solos fizesse com que as necessidades das plantas em N também fossem elevadas. Quando não se aplicou M.O nos três locais, na maioria das vezes, uma dosagem média já pareceu ser suficiente a este nutriente, talvez por limitação de outros nu trientes.

As respostas ao P também foram generalizadas e de forma linear na ausência de M.O nos solos "sob vegetação de cerrado", o LE de Machado e os LEH e LE de Alfenas (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 e Figuras 1, 2 e 3). Isto talvez se deva ao fato de estes solos serem reconhecidamente deficientes nes tes nutrientes, além de que a aplicação de P na fase de formação possa ter propiciado um melhor desenvolvimento inicial das plantas com reflexos nas produções. SOUZA e CAIXETA (1974) encontraram respostas lineares ao P em um PE de Machado-MG; ent tanto diversos autores afirmam serem as respostas ao P não frequentes no cafeeiro na fase de produção, como confirmam Malavolta e Moraes (1965), citados por MALAVOLTA (1970) e URIBE-HENAO e MESTRE-MESTRE (1976), além de ser um nutriente pouco exigido pelo cafeeiro (CATANI e MORAES, 1958; CATANI et alii, 1965) ;

(MALAVOLTA et alii, 1963; CARVAJAL, 1959 e MEHLICH, 1966). Em Minas Gerais, PEREIRA et alii (1976) e GARCIA et alii (1983) afirmaram não ser este elemento problema.

As generalizadas respostas ao K nos ensaios podem ser devidas à natureza das argilas destes solos, predominantemente do tipo 1:1, às suas baixas C.T.C. das argilas específicas, à baixa saturação dos colóides do solo em K etc., conforme se vê em BRASIL-COMISSÃO DE SOLOS (1962) e relatados como sendo causas de importância por ADUAYI (1970). Além disto o K é um nutriente bastante exigido pelo cafeeiro na produção, conforme mostram os trabalhos de CATANI e MORAES (1958). CATANI et alii (1965), MALAVOLTA et alii (1963), CATANI et alii (1967) e CORREA et alii (1983). Nos ensaios, na ausência de M.O, no LE de Machado, no LEH de Alfenas e no LRD de S.S. do Paraíso, as respostas foram lineares em praticamente todas as épocas, mostrando que era um nutriente de baixa disponibilidade nestes solos e que as doses aplicadas foram insuficientes para um máximo de produção. Malavolta e Moraes (1965), citados por MALAVOLTA (1970), afirmam que, no País, as respostas ao K são generalizadas. SOUZA e CAIXETA (1974) observaram respostas lineares e quadráticas ao K em um PE em Machado.

4.2. Efeito da matéria orgânica na complementação de doses de NPK em desbalanço

Tomando como base alguns tratamentos NPK na ausência e presença de M.O, escolhidos a partir de respostas dos diferentes solos (Figuras 1, 2, 3 e 4), observa-se, na Tabela 13, que, quando os tratamentos, na ausência de M.O, no LE de Machado e nos LEH e LE de Alfenas, estavam em proporções inadequadas, como os tratamentos 311 e 321 (N alto, P baixo e médio e K baixo), as produções foram inferiores ou pouco superiores ao tratamento 111, onde os três nutrientes eram baixos. A adição de M.O a estes tratamentos supriu as quantidades em desbalanço, no caso o P e o K, elevando as produções.

Quando, na ausência de M.O, os elementos estavam em proporções adequadas ou próximas desta, para aquele solo, no caso o tratamento 233, a produção foi equivalente ou superior a este mesmo tratamento acrescido de M.O, podendo, então, afirmar que, neste caso, a M.O poderia ser dispensada. A omissão de P (213) nos tratamentos com adequados níveis de N e K (233) diminuiu a produção, o que não aconteceu quando a M.O estava presente.

No LRD de S.S. do Paraíso, conforme se observou pela Figura 4 e Tabelas 11 e 12, os efeitos de N, P e M.O não foram tão evidentes, na presença e ausência de M.O, quanto nos outros solos, ao contrário do K.

Tabela 13. Efeito da matéria orgânica (ausência e presença) sobre a produção de alguns tratamentos com relações de doses de NPK em desbalanço, nos diferentes solos, em sacas de café limpo/ha

Dose NPK	NPK na Ausência de M.O	NPK na Presença de M.O
LE - Machado (Média 3 biênios)		
111	7,83	16,60
311	3,23	19,90
321	9,98	21,17
233	36,52	27,95
213	13,73	31,60
LEH - Alfenas (Média 5 produções)		
111	2,72	14,38
311	7,57	20,30
321	7,53	20,23
233	43,60	23,49
213	15,46	23,56
LE - Alfenas (Média 5 produções)		
111	5,49	17,51
311	2,26	17,55
321	7,63	25,02
233	25,08	24,51
213	8,10	21,52
LRD - S.S. Paraíso (Média 3 biênios)		
111	19,97	24,73
311	19,23	22,64
321	13,97	23,28
233	30,86	34,77
213	29,48	33,00

4.3. Produção anual de café em relação às doses de N, P₂O₅ e K₂O na presença e ausência de matéria orgânica

4.3.1. Produção anual absoluta em relação às doses de N, P₂O₅ e K₂O

Apesar das recomendações de STEVENS (1949) e da concordância de FRAGA e CONAGIN (1956) de que a análise dos ensaios fosse feita considerando a produção total dos diferentes anos, ou a colheita média, ou, então, a colheita média de cada dois anos (por biênios de produção), teve-se interesse em observar os efeitos das adubações sobre a produção dos anos isolados.

As produções médias anuais dos ensaios, considerando todos os tratamentos independente das doses, no LE de Machado em sacas de café limpo/ha, foram, respectivamente, na ausência e presença de esterco de galinha (M.O) de: 1975 (8,13 e 19,94); 1977 (38,20 e 56,14) e 1979 (41,80 e 59,92). Neste local não foram consideradas as produções dos anos de 1976 e 1978, uma vez que foram afetadas pelas geadas dos anos de 1975 e 1977. No LEH de Alfenas as médias de produção dos tratamentos foram respectivamente de: 1975 (3,61 e 5,53); 1976 (3,60 e 7,05); 1977 (22,45 e 33,02); 1978 (6,70 e 8,41) e 1979 (26,29 e 38,62). No LE de Alfenas, as médias nos diferentes anos foram: 1975 (9,50 e 14,54); 1976 (4,44 e 8,44); 1977 (24,96 e 33,56); 1978 (6,18 e 5,96) e 1979 (39,43 e 41,38). E, no LRD de S.S. do Pa

raíso as médias foram de: 1975 (7,29 e 9,98); 1976 (11,89 e 15,86); 1977 (49,82 e 52,14); 1978 (13,08 e 12,37) e 1979 (73,30 e 78,28). Entre os diferentes anos de produção, os anos de 1975, 1977 e 1979 foram considerados de elevada produção em relação aos demais, independente das doses das adubações. Além dos efeitos climáticos (BEAUMONT, 1939 e STEVENS, 1949) e dos efeitos nutricionais (DEAN e BEAUMONT, 1938; Cooil e Fukunaga, 1958, citados por MALAVOLTA, 1981) parece que a alternância das produções está bastante relacionada com o crescimento da parte vegetativa em função da maior ou menor concentração de nutrientes e de carboidratos na planta (DEAN e BEAUMONT, 1938; BEAUMONT, 1939; COOIL, 1960 e GOMEZ-GOMEZ, 1977). A competição entre o crescimento vegetativo e a frutificação proporciona, após uma produção alta, um esgotamento das reservas de carboidratos nos ramos repercutindo em um menor crescimento destes e, conseqüentemente, uma menor produção no ano seguinte, conclui GOMEZ-GOMEZ (1977), citando diversos autores. Desta forma, o acompanhamento das produções em cada ano e as suas respectivas adubações torna-se importante a fim de que se procurem, a cada ano, produções elevadas com um máximo de crescimento de ramos novos, sem levar as plantas a um depauperamento.

Ao se observarem os efeitos de doses crescentes de N, P_2O_5 e K_2O referentes ao LE de Machado (Figura 5), vê-se que o N apenas relacionou com a produção de forma significativa em 1975, na presença de matéria orgânica, onde uma dosagem de 76,0 g/cova correspondeu a uma produção máxima de 23 sacas

de café limpo/ha. Nos anos de 1977 e 1979, as doses de N não relacionaram de forma significativa com a produção tanto na ausência como na presença do esterco de galinha, apesar de que em 1977 a dose maior deste nutriente foi insuficiente para um máximo de produção. Em 1979, apesar das regressões não serem significativas, as produções máximas estiveram próximas à dose intermediária de 130,0 g de N/cova. O fato de em 1977 as doses máximas ainda serem insuficientes, enquanto que em 1979, ano também de produção elevada, a demanda de N fosse menor, deva-se, talvez, ao fato de que, em 1977, a relação produção/parte vegetativa da planta fosse maior do que em 1979 fazendo com que a demanda de N também fosse maior. Proporcionalmente à parte vegetativa da planta, a produção de 1977 foi superior à de 1979 e sabe-se que a demanda anual de nutrientes para a produção é superior à da parte vegetativa (CATANI e MORAES, 1958, e CATANI et alii, 1965). As doses de P_2O_5 relacionaram de forma significativa, apenas na ausência da matéria orgânica, com as produções dos anos de 1975 e 1977, sendo que as maiores doses foram insuficientes a uma produção máxima. A dose maior de P_2O_5 relacionada com a produção de 1975 é a de 156,0 g de P_2O_5 /cova, por ocasião do plantio, uma vez que novas reposições de P foram feitas apenas após a primeira produção. Apesar de não significativa, a dose de 78,0 g de P_2O_5 /cova no plantio mais a matéria orgânica atingiu uma produção máxima. A dose maior de P_2O_5 utilizada na produção de 1977 foi de 75,0 g de P_2O_5 /cova. Quanto ao K, em 1975, as doses utilizadas relacionaram signifi

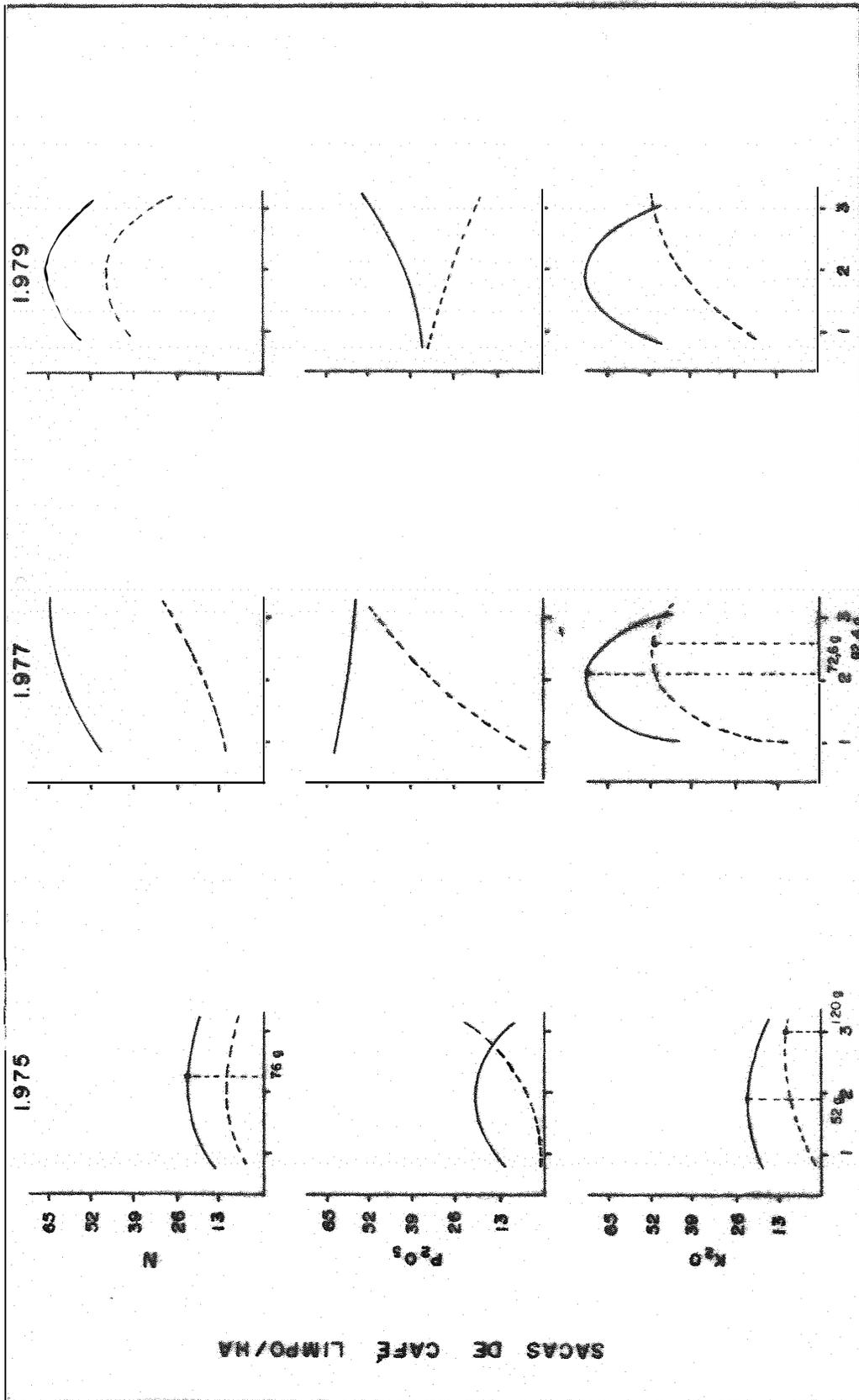


Figura 5. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (---) e na ausência de M. orgânica (...), sobre a produção dos anos 1975, 1977 e 1979, no IE de Machado (sacos de café limpo/ha).

Tabela 14. Equações de regressão para produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de doses crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x) aplicadas nos diversos anos, na ausência e presença de matéria orgânica, no LE de Machado

Ano	Equações	R ²
- Nitrogênio -		
1975 (-MO)	$y = -6,87 + 16,23 xi - 3,74 x^2i$	7,46 NS
(+MO)	$y = 5,96 + 14,57 xi - 3,25 x^2i$	25,20 *
1977 (-MO)	$y^{-1} = 0,027 + 0,056/xi$	4,06 NS
(+MO)	$y^2 = 4805,15 - 2089,00/xi$	7,06 NS
1979 (-MO)	$y = 12,97 + 40,81 xi - 11,31 x^2i$	9,88 NS
(+MO)	$y = 32,52 + 35,44 xi - 9,32 x^2i$	4,00 NS
- Fósforo -		
1975 (-MO)	$y^{-1} = -0,33 + 1,19/xi$	71,10 **
(+MO)	$y = 14,18 + 6,10 xi - 1,38 x^2i$	4,08 NS
1977 (-MO)	$LNy = 4,64 - 2,21/xi$	45,52 **
(+MO)	$y^2 = 3157,34 + 607,42/xi$	0,60 NS
1979 (-MO)	$y^{-1} = 0,027 + 0,002 x^2i$	3,30 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,028 + 0,001 xi^2i$	2,37 NS
- Potássio -		
1975 (-MO)	$y = -11,26 + 17,73 xi - 3,44 x^2i$	23,34 *
(+MO)	$y = 8,14 + 15,46 xi - 4,10 x^2i$	27,00 *
1977 (-MO)	$y = -60,69 + 94,33 xi - 19,24 x^2i$	34,71 **
(+MO)	$y = -53,16 + 112,17 xi - 24,65 x^2i$	68,54 **
1979 (-MO)	$SQR(y) = 8,38 - 3,52/xi$	33,79 **
(+MO)	$y = 1,46 + 72,11 xi - 18,38 x^2i$	14,18 NS

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

cativamente com as produções. Na ausência de matéria orgânica a produção máxima de 11,7 sacas foi obtida com uma dose de 120,0 g de K_2O /cova e, na presença, uma dose de 52,0 g/cova correspondeu a uma produção de 23,4 sacas de café limpo/ha. Tal fato ocorreu também em 1977, quando, na ausência de matéria orgânica, 92,4 g/cova correspondeu a uma produção de 52,0 sacas e, em sua presença, uma dose de 72,4 g/cova a uma produção de 72,8 sacas de café limpo/ha. Em 1979, a dose máxima de K_2O (234,0 g/cova) foi insuficiente a um máximo de produção, na ausência de matéria orgânica. Em sua presença as doses não relacionaram significativamente com a produção, apesar de que o máximo de produção estivesse próximo à dosagem média. A adubação orgânica supriu sempre parte do K, reduzindo-se a necessidade da adubação com este nutriente.

No LEH de Alfenas (Figura 6), as doses de N relacionaram de forma significativa em 1976 na presença de matéria orgânica onde a produção máxima de 10 sacas de café limpo/ha foi obtida com a dosagem de 75,9 g/cova. Em 1977, ainda na presença de matéria orgânica, as doses de N relacionaram significativamente com a produção, sem, contudo, a sua maior dose (180,0 g N/cova) atingir a produção máxima. Na ausência de matéria orgânica, apesar da regressão não ser significativa, o máximo de produção foi obtido com a aplicação de 171,0 g de N/cova. Em 1979, também na presença de matéria orgânica, as doses de N relacionaram significativamente com a produção sendo que a produção máxima de 49,0 sacas de café limpo/ha foi obtida com a

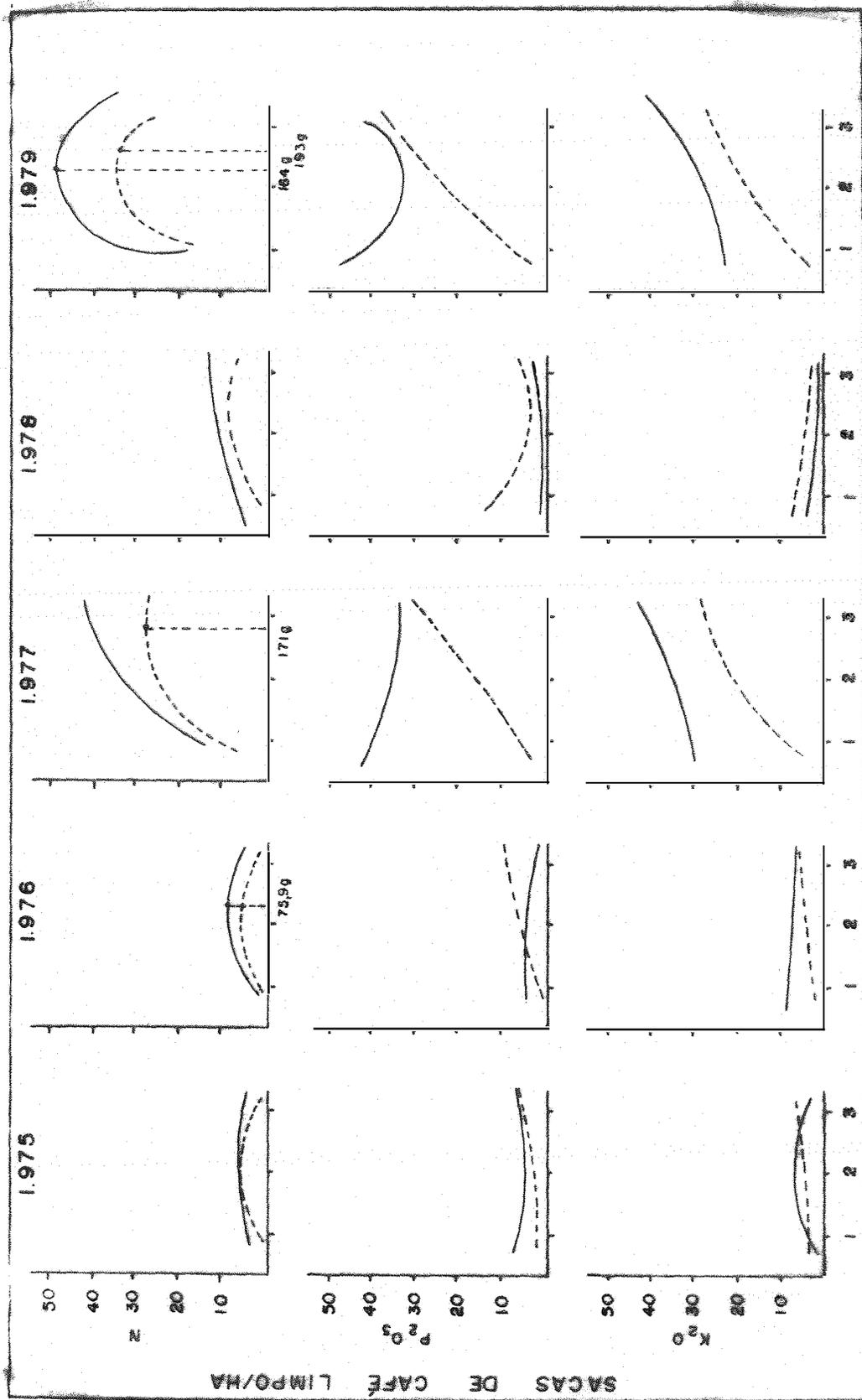


Figura 6. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (.....) e na ausência (----) de M. orgânica (...), sobre a produção dos anos 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979, no LFH de Alfenas (sacas de café limpo/ha).

Tabela 15. Equações de regressão para produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de doses crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x) aplicadas nos diversos anos, na ausência e presença de matéria orgânica, no LEH de Alfenas

Ano	Equações	R ²
- Nitrogênio -		
1975 (-MO)	$y = -7,15 + 13,25 xi - 3,37 xi^2$	19,81 NS
(+MO)	$y = -1,54 + 7,85 xi - 1,85 xi^2$	7,20 NS
1976 (-MO)	$y = -12,54 + 18,33 xi - 4,40 xi^2$	20,35 NS
(+MO)	$y = -7,92 + 14,70 xi - 3,09 xi^2$	39,19 **
1977 (-MO)	$y = -12,62 + 30,66 xi - 5,63 xi^2$	14,78 NS
(+MO)	$SQR(y) = 7,62 - 3,42/xi$	41,98 **
1978 (-MO)	$y = -11,80 + 18,23 xi - 3,85 xi^2$	18,18 NS
(+MO)	$y^2 = 263,73 - 201,33/xi$	6,09 NS
1979 (-MO)	$y = -30,85 + 57,79 xi - 12,52 xi^2$	13,10 NS
(+MO)	$y = -36,56 + 74,41 xi - 15,78 xi^2$	44,72 **
- Fósforo -		
1975 (-MO)	$LNy = -1,20 + 2,08 SQR(xi)$	47,07 **
(+MO)	$y = 9,99 - 4,93 xi + 1,16 xi^2$	2,88 NS
1976 (-MO)	$y^2 = -8,39 + 9,49 xi^2$	6,55 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,17 + 0,011 xi^2$	2,46 NS
1977 (-MO)	$LNy = 1,92 + 1,27 LNxi$	32,72 **
(+MO)	$y^2 = 936,36 + 681,76/xi$	2,87 NS
1978 (-MO)	$y = 23,82 - 16,60 xi + 3,44 xi^2$	16,71 NS
(+MO)	$y^{-1} = -0,006 + 1,30/xi$	3,78 NS
1979 (-MO)	$SQR(y) = -2,12 + 4,84 SQR(xi)$	39,50 **
(+MO)	$y = 68,34 - 33,10 xi + 7,81 xi^2$	5,04 NS

Tabela 15. Continuação

Ano	Equações	R ²
- Potássio -		
1975 (-MO)	$y^2 = 13,16 + 2,75 xi^2$	2,64 NS
(+MO)	$y = -4,69 + 11,89 xi - 2,91 xi^2$	15,47 NS
1976 (-MO)	$y = 1,83 + 0,38 xi^2$	6,84 NS
(+MO)	$y^2 = 79,88 - 3,31 xi^2$	2,73 NS
1977 (-MO)	$SQR(y) = 6,37 - 3,37/x$	23,58 *
(+MO)	$y^2 = 920,20 + 92,74 xi^2$	7,21 NS
1978 (-MO)	$SQR(y) = 2,69 - 0,10 xi^2$	6,38 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,16 + 0,13 xi^2$	5,54 NS
1979 (-MO)	$LNy = 3,84 - 1,86/xi$	15,93 *
(+MO)	$y^{-1} = 0,05 - 0,009 xi$	10,95 NS

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

dose de 164,0 g de N/cova. Na ausência de matéria orgânica, apesar de não significativo, exigiram-se 193,0 g de N/cova. As doses de P_2O_5 relacionaram-se com a produção de forma significativa apenas na ausência de matéria orgânica, nos anos de 1975 e 1979, sem, contudo, as doses máximas do fertilizante atingirem produções máximas. No ano de 1979, a dose máxima de P_2O_5 foi de 97,5 g/cova. As doses de K_2O relacionaram com a produção nos anos de 1977 e 1979, na ausência de matéria orgânica sem que, em ambos os casos, doses maiores, 180,0 e 234,0 g de K_2O /cova, respectivamente, atingissem o máximo das produções.

No LE de Alfenas (Figura 7), as doses de N relacionaram significativamente com a produção apenas em 1977, na presença de matéria orgânica e, em 1978, na ausência deste. Em ambos os casos, as doses maiores foram insuficientes para uma maior produção. Observou-se ainda que, em 1977, nos tratamentos com matéria orgânica, as doses maiores com maiores produções corresponderam em 1978 a menores produções. Isto talvez evidencie um desgaste da planta no ano anterior apesar das doses mais altas, com um consumo maior de reservas, nutrientes e carboidratos. Isto fez com que as doses que produziram menos em 1977 produzissem mais em 1978. Em 1979, na ausência de esterco de galinha, apesar de não haver um efeito significativo das doses, uma dose de 133,0 g de N/cova correspondeu a uma produção de 49,0 sacas de café limpo/ha. Na ausência de esterco de galinha, as doses de P_2O_5 relacionaram significativamente com a produção de 1975, 1976 e 1977, sendo que, em 1975, uma do-

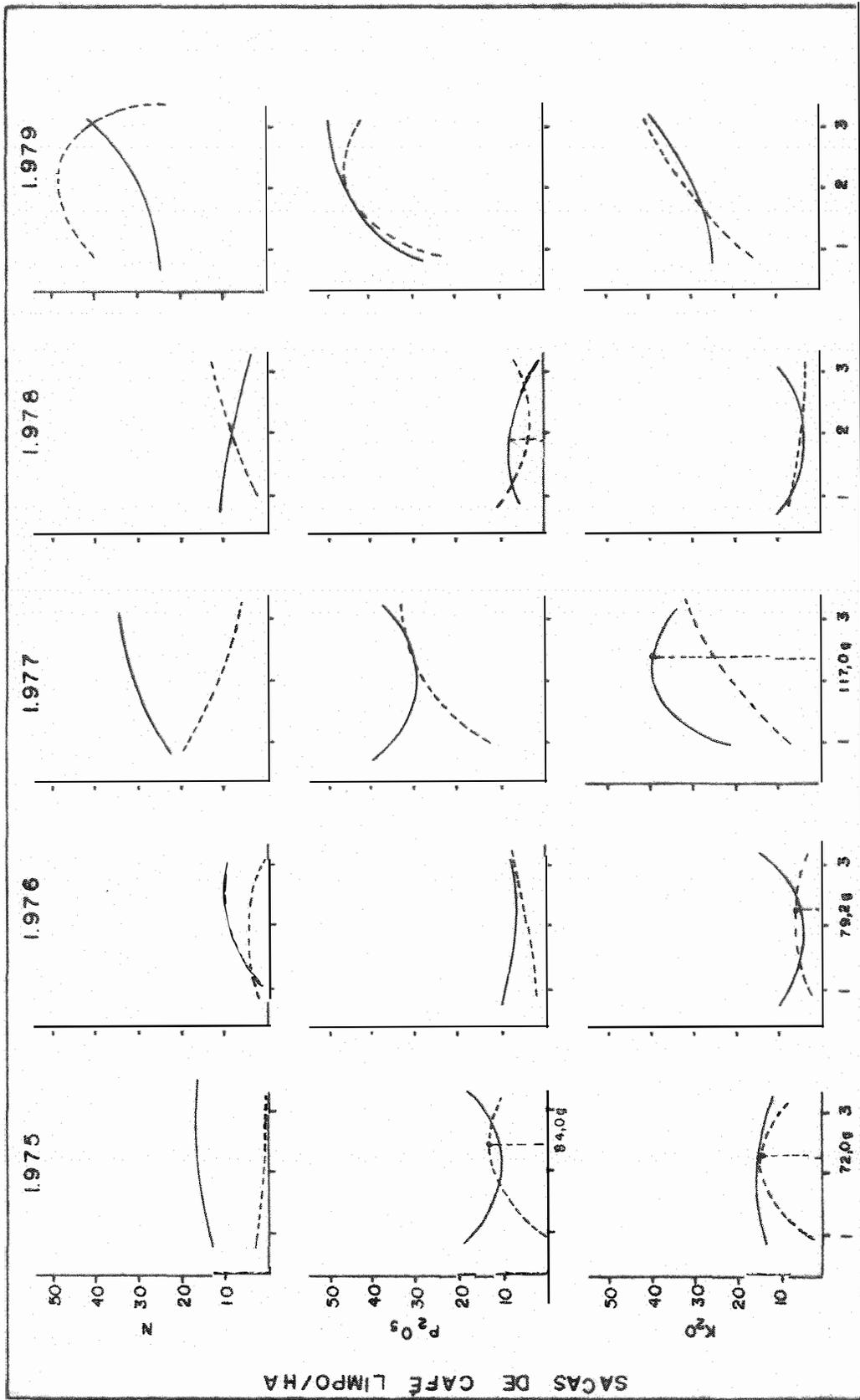


Figura 7. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na presença (—) e na ausência (....) de M. orgânica (...), sobre a produção dos anos 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979, no LE de Alfenas (sacas de café limpo/ha).

Tabela 16. Equações de regressão para produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de doses crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x) aplicadas nos diversos anos, na ausência e presença de matéria orgânica, no LE de Alfenas

Ano	Equações	R ²
- Nitrogênio -		
1975 (-MO)	$y^{-1} = -1,21 + 0,72 xi^2$	6,31 NS
(+MO)	$y^2 = 339,75 - 130,10/xi$	2,20 NS
1976 (-MO)	$y = -0,62 + 4,83 xi - 0,99 xi^2$	8,00 NS
(+MO)	$y = -2,25 + 10,52 xi - 2,22 xi^2$	12,21 NS
1977 (-MO)	$y^{-1} = 0,043 + 0,01 xi^2$	6,05 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,023 + 0,018/xi$	15,82 *
1978 (-MO)	$y^2 = -13,36 + 19,99 xi^2$	23,36 *
(+MO)	$y^2 = 244,01 + 124,25 SQR(x)$	6,53 NS
1979 (-MO)	$y^{-1} = 0,04 - 0,0017 xi^2$	7,36 NS
(+MO)	$y = 6,64 + 48,70 xi - 13,85 xi^2$	20,06 NS
- Fósforo -		
1975 (-MO)	$y = -19,15 + 27,75 xi - 5,75 xi^2$	39,15 **
(+MO)	$y = 32,66 - 20,35 xi + 4,84 xi^2$	12,03 NS
1976 (-MO)	$y = 0,57 + 1,94 xi$	27,04 **
(+MO)	$y = 15,15 - 7,29 xi + 1,73 xi^2$	3,43 NS
1977 (-MO)	$y = 43,24 - 29,91/xi$	32,64 **
(+MO)	$y = 54,87 - 24,19 xi + 5,80 xi^2$	4,93 NS
1978 (-MO)	$y = 22,47 - 17,95 xi + 4,20 xi^2$	11,48 NS
(+MO)	$y = 2,78 + 5,83 xi - 1,82 xi^2$	5,83 NS
1979 (-MO)	$y = -10,34 + 48,83 xi - 10,26 xi^2$	17,68 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,02 + 0,027/xi$	12,72 NS

Tabela 16 . Continuação

Ano	Equações	R ²
- Potássio -		
1975 (-MO)	$y = -18,59 + 30,38 xi - 7,00 xi^2$	25,71 *
(+MO)	$y = 8,26 + 8,86 xi - 2,45 xi^2$	2,98 NS
1976 (-MO)	$y = -7,23 + 13,22 xi - 3,14 xi^2$	24,93 *
(+MO)	$y = 21,30 - 18,58 xi + 5,21 xi^2$	39,55 **
1977 (-MO)	$LNy = 3,80 - 0,58/xi$	19,37 *
(+MO)	$y = -9,56 + 44,31 x - 9,75 xi^2$	24,18 *
1978 (-MO)	$SQR(y) = 2,64 - 0,77 LNx$	8,51 NS
(+MO)	$y = 20,49 - 19,94 xi + 5,43 xi^2$	23,65 *
1979 (-MO)	$y^{-1} = 0,01 + 0,042/xi$	16,88 *
(+MO)	$y^{-1} = 0,04 - 0,0016 xi^2$	6,45 NS

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

se de 84,0 g de P_2O_5 , por ocasião do plantio, correspondeu a uma produção máxima de 13,0 sacas de café limpo/ha. Quanto ao K_2O , suas doses correlacionaram significativamente com a produção, na ausência de matéria orgânica em 1975, quando a dose de 72,0 g de K_2O correspondeu a uma produção máxima de 15 sacas de café limpo/ha. Em 1976, 79,2 g corresponderam a uma produção máxima de 6 sacas/ha. Em 1977 e 1979 as doses maiores não atingiram o máximo de produção. Na presença do esterco de galinha, em 1976 e 1978, as maiores doses não atingiram os máximos de produção mas, em 1977, uma produção de 40 sacas de café limpo/ha correspondeu a uma dose de 117,0 g de K_2O /cova.

No LRD de S.S. do Paraíso (Figura 8), quando se observaram os efeitos das doses de N e P_2O_5 , vê-se que apenas o N, em 1976, correlacionou significativamente com a produção e uma dose de 89,1 g de N correspondeu a uma produção máxima de 19 sacas de café limpo/ha. Esta quase total ausência de respostas ao N e ao P_2O_5 concorda com as Tabelas 11 e 12 e a Figura 4, vistas anteriormente. Isto se deve aos altos teores de P total destes solos, onde parte deste são disponíveis aos cafeeiros e não detectados pelo extrator Mehlich. Isto foi observado em um LR no 8º "International Soil Classification Workshop" (1986) com comentários de Van Raij. Em 1977, na presença de matéria orgânica a produção chegou a reduzir com a adição de doses maiores, mostrando que o P já era elevado para os cafeeiros. As doses de K_2O correlacionaram de forma significativa com a produção, na ausência de matéria orgânica, em 1975,

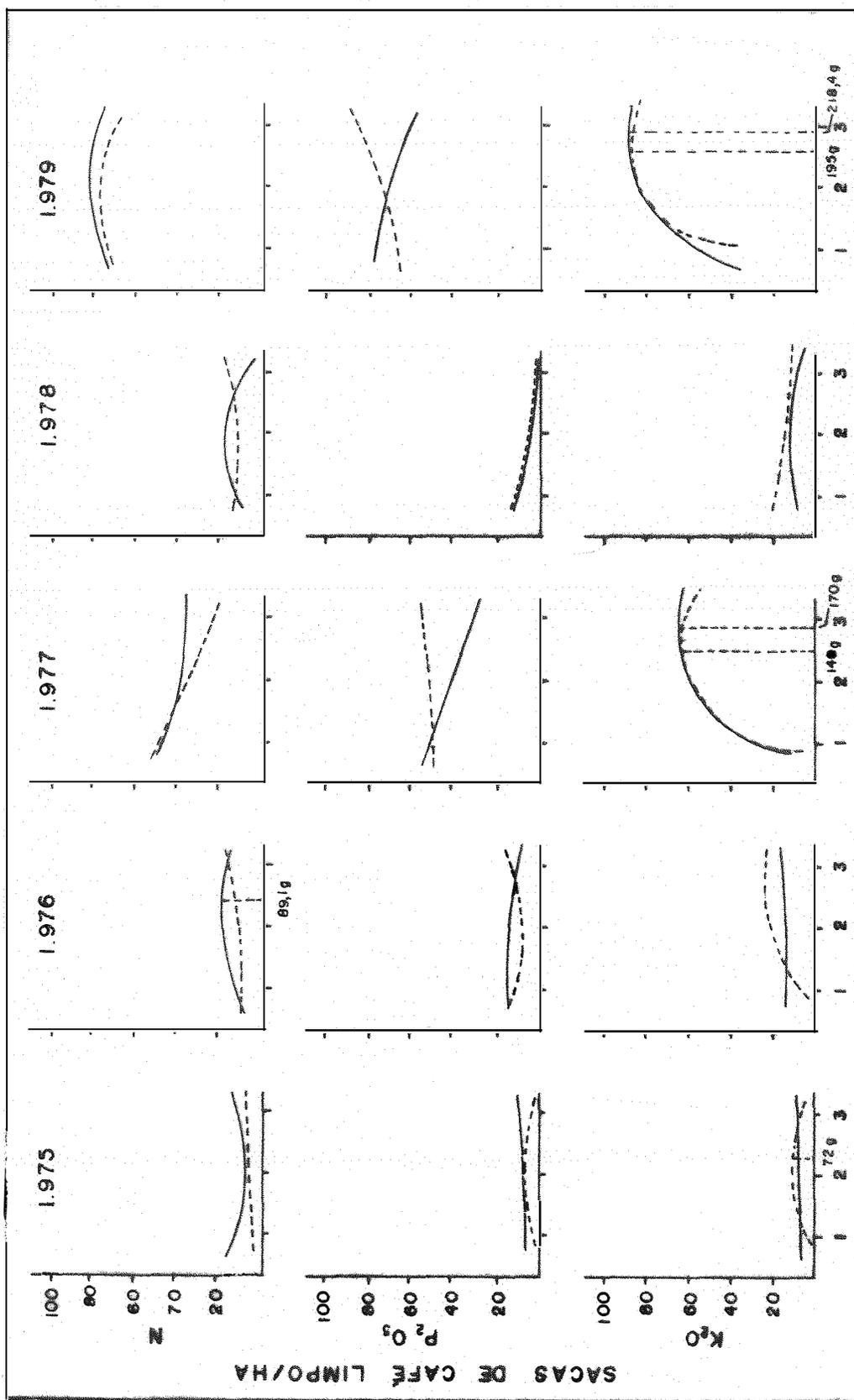


Figura 8. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, na produção (---) e na ausência de M. orgânica (...), sobre a produção dos anos 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979, no LRD de S.S. do Paraíso (sacas de café limpo/ha).

Tabela 17. Equações de regressão para produção (y), em sacas de café limpo por hectare, em função de doses crescentes (1, 2 e 3) de N, P₂O₅ e K₂O (x), aplicadas nos diversos anos, na ausência e presença de matéria orgânica, no LRD de S. S. do Paraíso

Ano	Equações	R ²
- Nitrogênio -		
1975 (-MO)	$y^{-1} = 0,23 - 0,005 x^2_i$	0,10 NS
(+MO)	$y = 12,58 - 4,86 xi + 1,52 x^2_i$	17,67 NS
1976 (-MO)	$y^2 = 94,56 + 17,19 x^2_i$	12,83 NS
(+MO)	$y = -0,20 + 15,67 xi - 3,32 x^2_i$	23,08 *
1977 (-MO)	$y^{-1} = 0,02 + 0,003 x^2_i$	8,26 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,02 + 0,006 LNxi$	2,65 NS
1978 (-MO)	$y = 16,35 - 5,95 xi + 1,85 x^2_i$	3,60 NS
(+MO)	$y = -1,65 + 21,78 xi - 6,33 x^2_i$	17,06 NS
1979 (-MO)	$y = 55,32 + 23,84 xi - 6,36 x^2_i$	2,04 NS
(+MO)	$y = 61,23 + 18,52 xi - 4,28 x^2_i$	1,27 NS
- Fósforo -		
1975 (-MO)	$y = -2,60 + 11,572 xi - 2,84 x^2$	9,99 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,08 + 0,037/xi$	12,45 NS
1976 (-MO)	$y = 20,08 - 10,53 xi + 2,78 x^2_i$	6,20 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,064 + 0,002 x^2_i$	3,78 NS
1977 (-MO)	$y^2 = 2665,47 + 48,83 x^2_i$	0,82 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,17 + 0,0014 x^2_i$	7,38 NS
1978 (-MO)	$y^{-1} = 0,08 + 0,09 LNxi$	12,10 NS
(+MO)	$LNy = 2,58 - 0,14 x^2_i$	8,53 NS
1979 (-MO)	$y^2 = 4363,46 + 329,06 x^2_i$	13,31 NS
(+MO)	$y^{-1} = 0,012 + 0,0004 x^2_i$	4,91 NS

Tabela 17. Continuação

Ano	Equações	R ²
- Potássio -		
1975 (-MO)	$y = -12,14 + 20,57 xi - 4,65 x^2_i$	40,46 **
(+MO)	$y^{-1} = 0,12 - 0,002 x^2_i$	3,35 NS
1976 (-MO)	$LNy = 3,06 - 1,14/xi$	40,14 **
(+MO)	$y = 16,20 - 2,80 xi + 1,13 x^2_i$	7,16 NS
1977 (-MO)	$y = -50,06 + 92,27 xi - 18,24 x^2_i$	80,66 **
(+MO)	$y = -25,75 + 66,19 xi - 11,68 x^2_i$	80,25 **
1978 (-MO)	$y^2 = 101,74 + 288,02/xi$	11,01 NS
(+MO)	$y = 0,97 + 15,20 xi - 3,89 x^2_i$	3,10 NS
1979 (-MO)	$y = -29,86 + 95,20 xi - 18,69 x^2_i$	67,67 **
(+MO)	$y = 12,41 + 58,30 xi - 10,87 x^2_i$	41,00 **

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

quando 72,0 g de K_2O /cova corresponderam a uma produção máxima de 11,0 sacas de café limpo/ha. Em 1976, a dose maior não atingiu o máximo de produção. Em 1977 o máximo de produção de 62,0 sacas de café limpo/ha foi conseguido com sua dose de 140,0 g de K_2O /cova. Em 1979, com a dose de 195,0 g de K_2O correspondeu a uma produção de 84,0 sacas de café limpo/ha. Na presença de matéria orgânica, em 1977 e 1979, as doses de K_2O correlacionaram de forma significativa com a produção, sendo que, em 1977, uma dose de 170,0 g correspondeu a uma produção máxima de 64,0 sacas, e, em 1979, uma dose de 218,0 g a uma produção de 85,0 sacas de café limpo/ha.

4.3.2. Produção relativa de café por ano e por local e nos diferentes anos e locais, em relação a doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O

Os efeitos de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, aplicadas nos diferentes anos, na presença ou ausência de matéria orgânica, em relação à produção relativa de café, a partir de dados médios dos locais em que estes efeitos, pelas análises de variância, mostraram ser significativos assim como suas regressões (Tabela 18), são apresentados nos gráficos da Figura 9.

A utilização da produção relativa permite agrupar os dados dos diversos ensaios sob condições diferentes. Segundo RAIJ (1981), a produção relativa minimiza os efeitos de condições climáticas e de solos, que afetam a produtividade. Apesar das diferenças entre os solos dos diferentes locais, assim como de suas respostas às adubações, quando o volume de informações para os diferentes solos é ainda pequeno não permitindo se fazer uma recomendação da adubação individualizada para cada um deles, estes solos são agrupados, fazendo-se assim generalizações para a região.

No ano de 1975, uma quantidade de 122,0 g de P₂O₅/cova, aplicadas na ausência de matéria orgânica por ocasião do plantio, ainda teve reflexos significativos sobre a produção relativa, correspondendo esta dosagem à produção máxima. Esta maior quantidade confirma as maiores exigências do cafe-

eiro a P em sua fase de formação, quando os solos são deficientes neste nutriente (MALAVOLTA, 1984). Ainda em 1975, produções máximas foram obtidas com 72,0 g de K_2O /cova, a partir de dados obtidos também na ausência de esterco de galinha, nos LE de Machado e Alfenas e, no LRD de S.S. Paraíso, locais em que as respostas a este nutriente foram significativas. Em 1976, a dose de 84,0 g de N/cova correspondeu a um máximo de produção. Em 1977, produções máximas foram obtidas com 147,0 e 172,0 g de N/cova, respectivamente na ausência e presença de matéria orgânica. Produções máximas ainda foram obtidas com 75,0 g de P_2O_5 /cova, na ausência de matéria orgânica; e 113,0 e 118,0 g de K_2O /cova, respectivamente, na ausência de matéria orgânica cujas respostas foram significativas em todos os locais; e, na presença de matéria orgânica cujas respostas foram significativas no LE de Machado, no LE de Alfenas e no LRD de S.S. do Paraíso. No ano de 1979, produções máximas foram obtidas com 58,5 g de P_2O_5 /cova e com 191,0 g de K_2O /cova também na ausência de matéria orgânica. No ano de 1978, produções máximas no LE de Alfenas, na ausência de esterco de galinha, foram conseguidas com 230,0 g de N/cova.

Observa-se ainda que as regressões entre doses de K e a produção relativa foram significativas em 1975, 77 e 79, anos de alta produção, em praticamente todos os solos sendo que as quantidades de K_2O aplicadas, correspondentes à produções máximas, aumentaram com os anos, talvez devido ao crescimento da planta, ao aumento de sua capacidade produtiva e à produ-

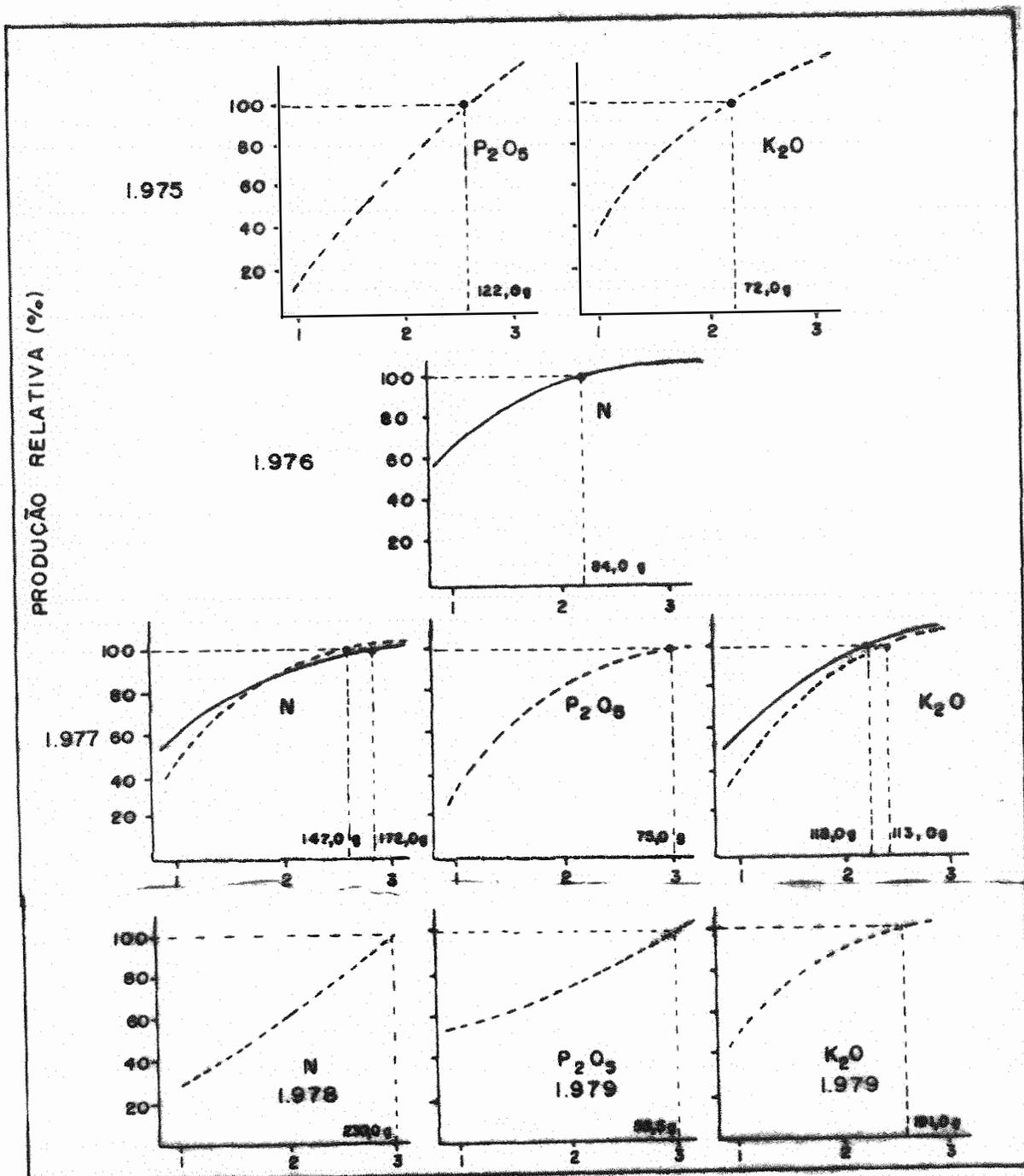


Figura 9. Efeito por ano, de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, em relação à produção relativa de café, aplicadas na presença (—) ou ausência (...) de M. orgânica, a partir de dados médios de produção, apenas nos locais em que seus efeitos foram significativos.

Tabela 18. Equações de regressão para a produção de café relativa (y), a partir de dados médios de produção e em função de doses crescentes (x) de N, P₂O₅ e K₂O aplicados, por ano, na ausência ou presença de matéria orgânica, apenas nos locais em que seus efeitos foram significativos

Elementos	Equações	R ²	Locais
- 1975 -			
N (-M.O)	$y^{-1} = 0,0065 + 0,0042/x_i$	13,52 NS	LE Machado e LEH Alfenas
N (+M.O)	$y^{-1} = 0,0078 + 0,0037/x_i$	55,75 NS	LE Machado e LEH Alfenas
P (-M.O)	$LNy = 5,67 - 2,73/x_i$	88,33 **	LE Machado; LEH e LE Alfenas
K (-M.O)	$LNy = 5,32 - 1,55/x_i$	71,31 **	LE Machado; LE Alfenas e LRD S.S.Paráíso
K (+M.O)	$y^{-1} = 0,0082 + 0,00015 x_i^2$	30,65 NS	LE Machado
- 1976 -			
N (-M.O)	$y = 73,26 + 25,87 x_i$	7,94 NS	LEH Alfenas
N (+M.O)	$y^2 = 15133,39 - 10857,78/x_i$	76,82 **	LEH e LE Alfenas e LRD São Seb. Paráíso
K (-M.O)	$y^2 = 14179,46 - 11530,32/x_i$	98,99 NS	LRD S.S.Paráíso e LE Alfenas
K (+M.O)	$y = 31,75 + 18,09 x_i$	35,82 NS	LE Alfenas
- 1977 -			
N (-M.O)	$y^2 = 14279,99 - 12357,55/x_i$	99,80 *	LEH Alfenas
N (+M.O)	$y^2 = -5565,08 + 9023,81 \text{ SQR}(x_i)$	90,17 **	LEH e LE Alfenas
P (-M.O)	$y = 134,62 - 105,32/x_i$	96,18 **	LE Machado e LEH Alfenas
P (+M.O)	$y^2 = 7632,70 + 3096,90/x_i$	30,96 NS	LE Alfenas

Tabela 18. Continuação

Elementos	Equações	R ²	Locais
K (-M.O)	$y = 141,03 - 101,43/x_i$	89,91 **	LE Machado; LEH e LE Alfe nas e LRD S. S. Paraíso
K (+M.O)	$SQR(y) = 11,84 - 4,24/x_i$	74,18 **	LE Machado; LE Alfenas e LRD S.S. Para íso
- 1978 -			
N (-M.O)	$y = -8,91 + 35,97 x_i$	99,77 **	LE Alfenas
K (+M.O)	$y = 24,96 + 18,69 x_i$	24,45 NS	LE Alfenas
- 1979 -			
N (-M.O)	$y^{-1} = 0,0016 + 0,18/x_i$	88,37 NS	LEH Alfenas
N (+M.O)	$y^{-1} = 0,0027 + 0,17/x_i$	90,32 NS	LEH Alfenas
P (-M.O)	$y^2 = 2135,11 + 854,24 x_i^2$	68,49 *	LEH Alfenas e LRD S.S. Paraí so
K (-M.O)	$y = 126,71 - 78,24/x_i$	95,72 **	LE Machado; LEH Alfenas e LRD S.S. Paraí so
K (+M.O)	$y = 54,38 + 16,56 x_i$	84,74 NS	LRD S.S. Para íso

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

ção. Por outro lado, as respostas ao P foram observadas apenas nos anos de alta produção, na ausência de esterco de galinha, parecendo ser um elemento bastante limitante nos locais, onde as respostas foram significativas, uma vez que, na dose 1, as produções relativas foram bastante baixas. As quantidades de P_2O_5 , para se obterem produções máximas, reduziram ao longo dos anos, talvez devido ao acúmulo deste nutriente no solo ou a um maior desenvolvimento do sistema radicular explorando um maior volume de solo etc..

Os efeitos de doses crescentes de N, P_2O_5 e K_2O , aplicadas nos diferentes locais, na presença ou ausência de esterco de galinha, em relação à produção relativa do café, a partir de dados médios nos anos em que estes efeitos pelas análises de variância, mostraram ser significativos, assim como suas regressões (Tabela 19), são apresentadas nos gráficos da Figura 10.

Apesar da existência de uma variação anual das quantidades dos nutrientes, para se obter uma produção máxima mesmo assim são apresentados os efeitos das doses que seriam efeitos médios por local nos anos de alta e baixa produção. Não serão feitas referências às quantidades dos nutrientes para se obterem produções máximas, uma vez que as doses aplicadas variavam também ao longo dos anos, conforme se observa no item 3.4.

Os efeitos de doses de N aplicadas sobre a produção relativa de café foram significativas no LEH de Alfenas quando se utilizaram os dados dos anos de 1975, 77 e 79 na pre-

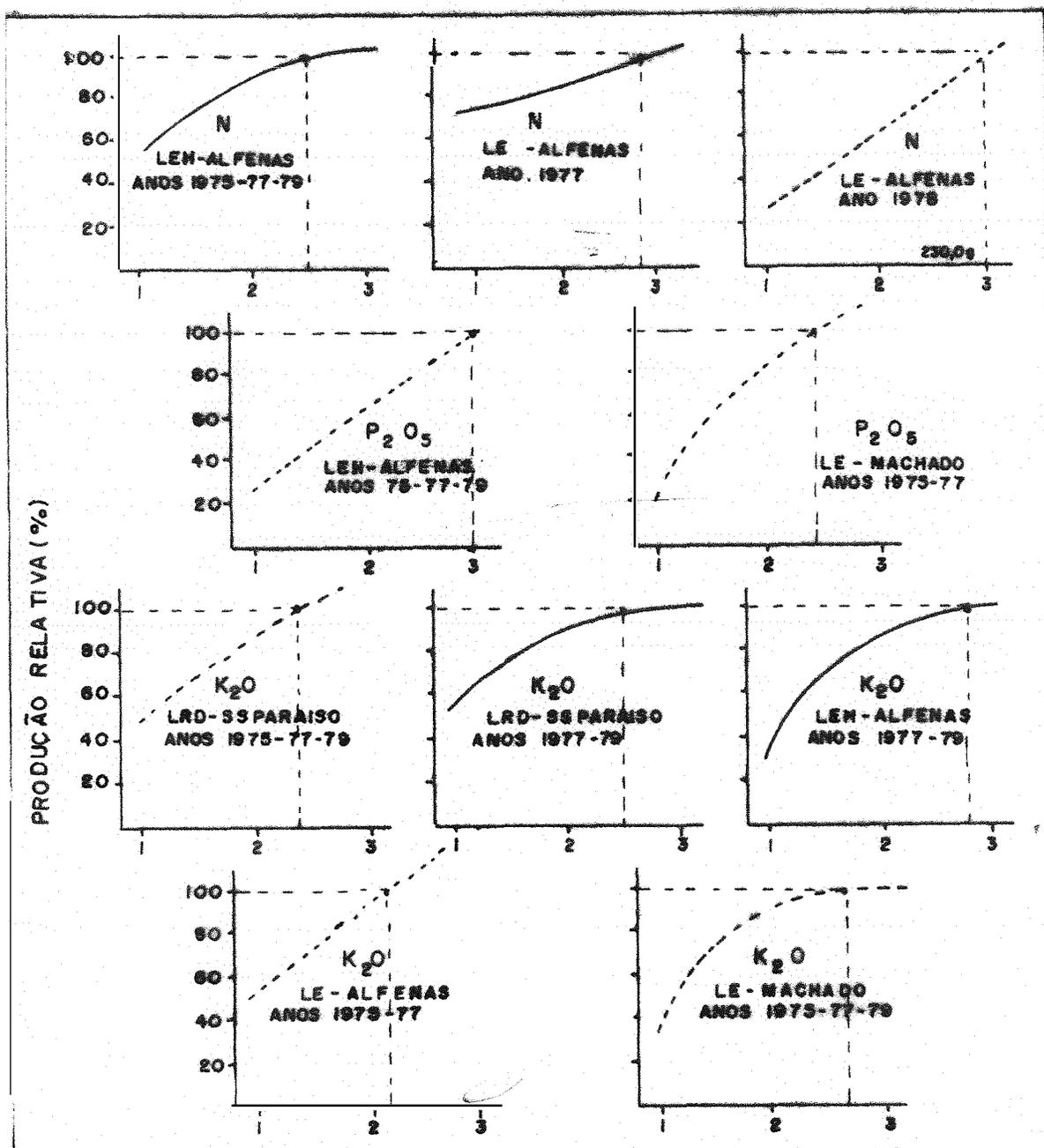


Figura 10. Efeito, por local, de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O, em relação à produção relativa de café aplicadas na presença (—) ou ausência (....) de M. orgânica, a partir de dados médios de produção, apenas nos anos em que seus efeitos foram significativos.

Tabela 19. Equações de regressão para a produção de café relativa (y), a partir de dados médios de produção e em função de doses crescentes (x) de N, P₂O₅ e K₂O aplicados, por local, na presença ou ausência de matéria orgânica, apenas nos anos em que seus efeitos foram significativos

Elemento	Equações	R ²	Anos
- LEH - Alfenas -			
N (-M.O)	$1/y = 0,00384 + 0,0129/xi$	39,28NS	1975-77-79
N (+M.O)	$LNy = 5,013 - 0,952/xi$	62,37*	1975-77-79
N (-M.O)	$y = 73,26 + 25,87 xi$	7,94NS	1976
N (+M.O)	$y = 28,46 + 27,96 xi$	63,07NS	1976
P (-M.O)	$y^2 = -443,246 + 1159,028 xi^2$	98,19**	1975-77-79
K (-M.O)	$y^2 = 13959,544 - 12550,641/xi$	99,16**	1977-79
- LE - Alfenas -			
N (+M.O)	$y = 55,06 + 17,62 xi$	62,34NS	1976
N (+M.O)	$1/y = 0,0142 - 0,00386LNx$	99,99**	1977
N (-M.O)	$y = -8,91 + 35,97 xi$	99,77**	1978
P (-M.O)	$1/y = -0,0122 + 0,542/xi$	93,28NS	1975
P (+M.O)	$y^2 = 7632,704 + 3096,902/xi$	30,96NS	1977
K (-M.O)	$1/y = 0,0019 + 0,0177/xi$	83,24*	1975-77
K (+M.O)	$y = 64,42 + 14,90 xi$	47,06NS	1977
K (+M.O)	$y^2 = 1038,887 + 855,496 xi^2$	57,61NS	1976-78
- LE - Machado -			
N (-M.O)	$1/y = 0,00561 + 0,00839/xi$	69,72NS	1975
N (+M.O)	$1/y = 0,00834 + 0,00329/xi$	74,12NS	1975
P (-M.O)	$SQR(y) = 13,876 - 9,474/xi$	90,08**	1975-77
K (-M.O)	$y^2 = 14986,943 - 13500,739/xi$	91,97**	1975-77-79
K (+M.O)	$1/y = 0,00657 + 0,00648/xi$	29,32NS	1975-77

Tabela 19. Continuação

Elemento	Equações	R ²	Anos
- LRD - S.S. Paraíso -			
N (+M.O)	$y = 65,78 + 14,03 xi$	51,42NS	1976
P (-M.O)	$1/y = 0,0134 - 0,00036x^2i$	98,26NS	1979
K (-M.O)	$1/y = 0,00182 + 0,0195/xi$	81,43**	1975-77-79
K (-M.O)	$y^2 = 13557,98 - 10387,88/xi$	92,09**	1977-79
K (-M.O)	$y^2 = 14179,466 - 11530,320/xi$	98,99NS	1976

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

sença de matéria orgânica, e ainda no LE de Alfenas. As produções máximas foram obtidas com quantidades que variaram entre as doses médias 2 e 3. A correção pelo esterco de galinha de algum macro ou micronutriente presente em sua composição, e que fossem limitantes, talvez tenha feito com que as doses de N apenas se expressassem em sua presença. Os efeitos de doses de P_2O_5 /cova sobre a produção relativa de café foram significativos na ausência de matéria orgânica no LEH de Alfenas, quando se utilizaram os dados de 1975, 77 e 79 e no LE de Machado com os dados de 1975 e 1977 sendo que as produções máximas foram obtidas com quantidades que variaram entre as doses 2 e 3. Quanto ao K_2O , as produções máximas, nos diferentes locais, também foram obtidas com quantidades que variaram entre as doses 2 e 3 aplicadas nos diferentes anos. No LRD de S. S. do Paraíso, os efeitos das doses foram significativos quando se utilizaram dados dos anos de 1975, 77 e 79 na ausência de matéria orgânica e dos anos de 1977 e 79, quando em sua presença; no LEH de Alfenas, na presença de matéria orgânica quando se utilizaram dados de 1977 e 79; no LE de Alfenas na ausência de matéria orgânica quando se utilizaram dados de 1975-77 e no LE de Machado, dados de 1975, 77 e 79.

Os efeitos de doses crescentes de N, P_2O_5 e K_2O , aplicadas nos diferentes locais e anos na presença e ausência de matéria orgânica em relação à produção relativa de café, ao se agregarem dados médios dos anos de alta e baixa produção, assim como dos locais em que os efeitos pelas análises de va-

riância mostraram ser significativos assim como suas regressões (Tabela 20), são apresentados nos gráficos da Figura 11. Aqui também não foram calculadas as quantidades de N, P_2O_5 ou K_2O correspondentes às produções máximas, uma vez que estas foram variáveis ao longo dos anos.

As quantidades de N, nos anos de alta e baixa produção, na presença e ausência de matéria orgânica e de P_2O_5 e K_2O na ausência deste, nos diferentes locais, proporcionaram produções máximas quando aplicadas entre as doses 2 e 3.

4.4. Relação entre a produção relativa de café e os teores de fósforo e potássio no solo

O estabelecimento de correlações entre teores no solo de P e K e a produção relativa permitem o estabelecimento de classes de maior ou menor resposta, servindo-se de base para a recomendação de fertilizantes em quantidades adequadas em relação aos nutrientes já existentes no solo e para se avaliar a sua fertilidade com o passar do tempo (RAIJ, 1981). Este autor propõe um nível crítico correspondente a 90% da produção relativa máxima econômica obtida.

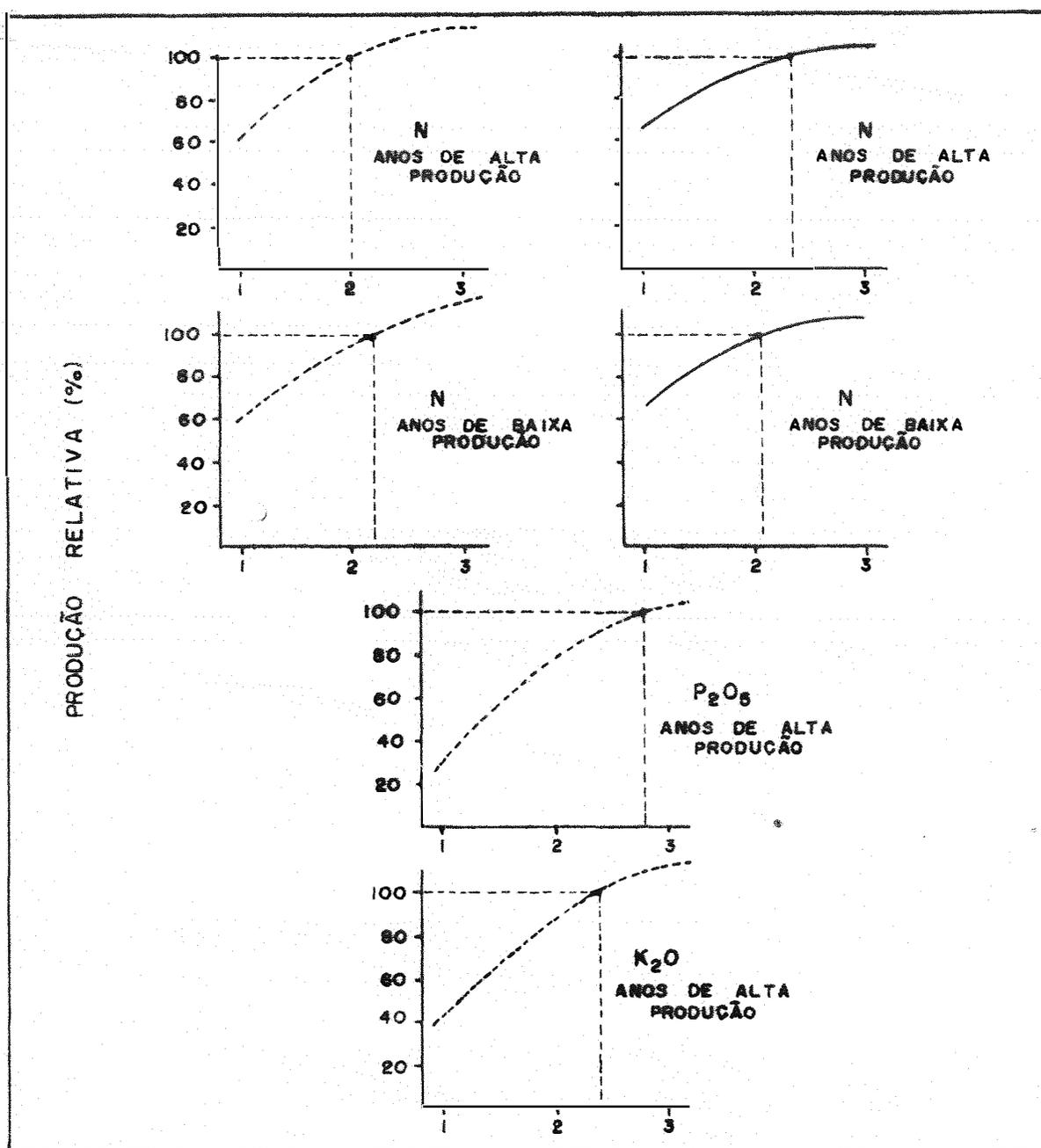


Figura 11. Efeito de doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O em relação à produção relativa de café, aplicados na presença (—) ou ausência (....) de M. orgânica, a partir de dados médios de produção, apenas dos locais e anos (de produção alta, 1975, 77 ou 79 ou baixa, 1976 e/ou 78), em que os seus efeitos foram significativos.

Tabela 20. Equações de regressão para a produção de café relativa (y), a partir de dados médios de produção e em função de doses crescentes (x) de N, P₂O₅ e K₂O aplicados na presença ou ausência de matéria orgânica, apenas dos locais e anos (de produção alta, 1975, 77 e/ou 79 ou baixa, 1976 e/ou 78) em que os efeitos foram significativos

Elemento	Equações	R ²	Produção
N (-M.O)	$1/y = 0,00428 + 0,0118/x_i$	40,16*	Alta
N (+M.O)	$SQR(y) = 11,342 - 3,183$	55,12**	Alta
N (-M.O)	$1/y = 0,00468 + 0,0114/x_i$	56,54*	Baixa
N (+M.O)	$y^2 = 15133,388 - 10857,785/x_i$	76,82**	Baixa
P (-M.O)	$SQR(y) = 12,503 - 7,138/x_i$	76,62**	Alta
K (-M.O)	$LNy = 5,203 - 1,451/x_i$	80,44**	Alta
K (+M.O)	$y^2 = 1038,887 + 855,496x_i^2$	57,61NS	Baixa

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

4.4.1. Relação entre a produção relativa de café e os teores de fósforo no solo

Os dados foram tomados apenas das parcelas na ausência de matéria orgânica, uma vez que a aplicação localizada deste material poderia interferir nas amostragens de solo e, como consequência, nos resultados. A relação entre os teores de P no solo e a produção relativa de 1975, a partir de dados de Alfenas (LEH e LE) e Machado (LE), é apresentada na Figura 12 e Tabela 21. Os teores de P no solo que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% de produção máxima foram, respectivamente, de 2,2; 2,8 e 3,3 ppm. Apesar da correlação ter sido significativa, acredita-se que valores tão baixos se devam, sobretudo, a efeitos de amostragens, uma vez que por esta ocasião estas foram feitas em áreas ainda não-adubadas, na projeção da copa das plantas. Até então a adubação de fósforo havia sido feita apenas misturada à terra de enchimento da cova antes do plantio. GARCIA et alii (1983) sugerem que um teor de P acima de 6 ppm no solo atende às exigências do cafeeiro adulto, quando extraído pelo H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05 N. No ano de 1977, a relação entre os teores de P no solo e a produção relativa de café são apresentadas a partir de dados de Alfenas (LEH e LE) e Machado (LE). Os teores de P no solo que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% foram de 4,0, 7,2 e 12,0 ppm, respectivamente (Figura 12 e Tabela 21). No LE de Alfenas, produções relativas de 70, 90 e 100% corresponde -

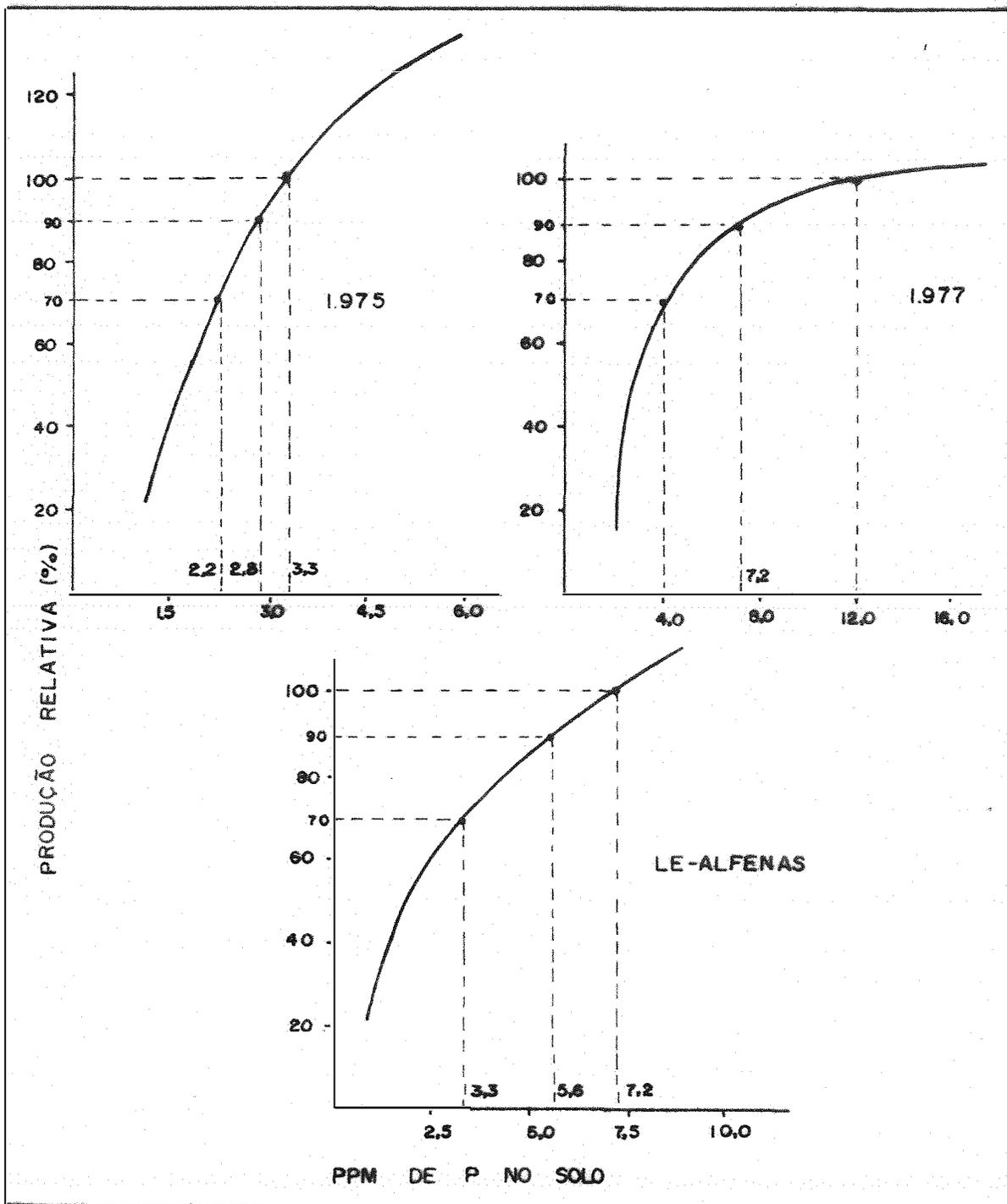


Figura 12. Correlação entre teores de P no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica nos anos e locais em que as respostas foram significativas.

Tabela 21. Equações de correlação entre a produção relativa de café (y) e os teores (x) de P no solo, na ausência de matéria orgânica, nos anos e locais em que as respostas a este nutriente foram significativas

	Equação	R ²	Locais/anos
	- Por ano -		
1975	$LNy = 5,2938 - 2,349/x_i$	49,44*	LEH e LE de Alfenas e LE de Machado
1977	$y = 114,644 - 183,430/x_i$	74,40**	LEH e LE de Alfenas e LE de Machado
1979	$1/y = 0,200 - 0,000026 x_i^2$	3,48NS	LEH de Alfenas e LRD de S.S. Paraíso
	- Por Local -		
LEH - Alfenas	$y = 37,511 + 3,2946 x_i$	37,16NS	1975, 77 e 79
LE - Alfenas	$1/y = 0,0056 + 0,0316/x_i$	57,08*	1975 e 77
LE - Machado	$1/y = 0,0043 + 0,0730/x_i$	40,61NS	1975 e 77
LRD - S.S.Paraíso	$y^2 = 5046,672 + 115,660 x_i^2$	71,74NS	1979
	- Todos anos e locais -		
	$1/y = 0,0062 + 0,04442/x_i$	36,19**	LEH de Alfenas (1975, 77 e 79); LE de Alfenas (1975 e 77); LE de Machado (1975 e 77) e LRD de S.S. do Paraíso (1979)

ram a teores no solo de 3,3, 5,6 e 7,2 ppm, respectivamente . Esta correlação foi obtida a partir de dados dos anos de 1975 e 1977. Os menores valores de P no solo, no LE de Alfenas, nas diferentes doses, em relação aos obtidos ao ano de 1977, talvez se devam a inclusão nesta correlação de dados de 1975 que são menores, conforme já se comentou, devido ao local das amostras de solo.

A relação entre os teores de P no solo e a produção relativa, a partir de dados de todos os locais e anos em que as respostas à adubação com este nutriente foram significativas, são apresentadas na Figura 13. Nas classes de fertilidade correspondentes a produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima, os teores de P no solo foram, respectivamente, de 5,5, 9,2 e 11,7 ppm.

Observa-se, pela Tabela 21, que os anos em que se obtiveram respostas significativas a P nos diferentes locais, foram 1975, 1977 e 1979, tidos como anos de alta produção. A falta de resposta nos anos de baixa produção talvez se deva a menores exigências da planta nestas condições. A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (1978) considera as classes de fertilidade para P em solos argilosos para as diferentes culturas, como sendo de 0 a 10 ppm (baixo); 11 a 20 ppm (médio) e maior que 20 ppm (alto). Os limites de teores para fósforo extraído pelo método da resina trocadora de anions, foram estabelecidos para as diversas culturas, como sendo de 0 a 6 ppm (muito baixo), 7 a 15 ppm (baixo), 16 a 40 ppm (médio), 41 a 80

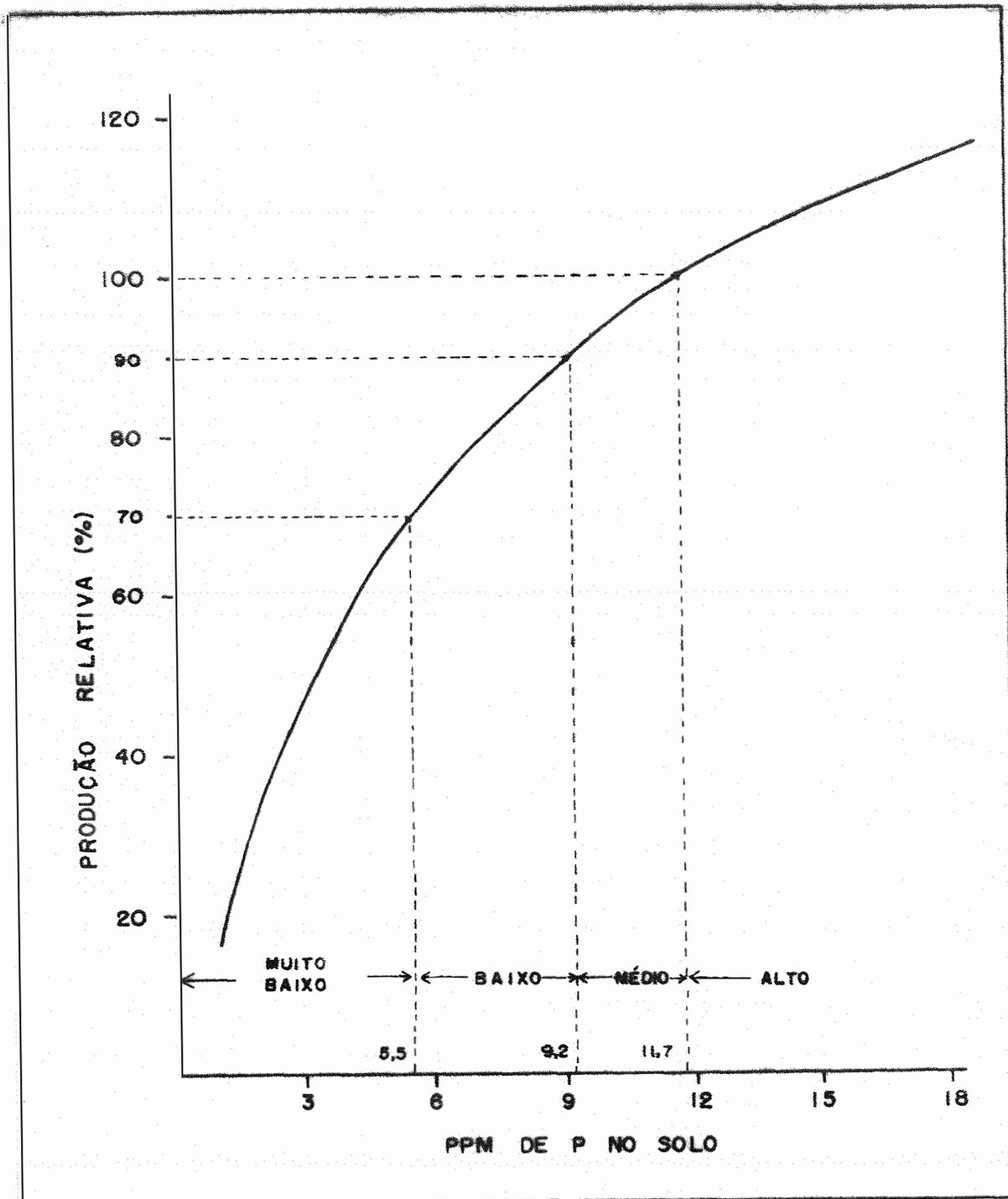


Figura 13. Correlação entre teores de P no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica em todos os locais e anos em que a produção foi significativa.

ppm (alto) e maiores que 80 ppm (muito alto) RAIJ (1986) e MALAVOLTA (1984) consideram como adequados para o cafeeiro teores compreendidos entre 10 e 15 ppm.

4.4.2. Relação entre a produção relativa de café e os teores de K no solo

Na relação entre os teores de K no solo e a produção relativa de 1975 (Figura 14 e Tabela 22), a partir de dados dos LE de Alfenas e Machado e do LRD de S. S. do Paraíso, os teores de K no solo que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% foram, respectivamente, 21, 45 e 75 ppm. A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (1978) considera classes de fertilidade do solo de 0 a 30, 30 a 60 e maior que 60 ppm de K "trocável" no solo, respectivamente, para valores baixos, médios e altos. Assim, os valores encontrados são tidos como próximos em relação aos propostos pela COMISSÃO. Isto talvez se deva a menores exigências da planta e, principalmente, a efeitos de amostragens. As adubações foram feitas na projeção da copa e no caso de plantas em desenvolvimento, estas adubações foram feitas em faixas ainda não adubadas, pouco refletindo efeitos residuais ou acumulativos de adubações de anos anteriores. No ano de 1977, a relação entre os teores de K no solo e a produção relativa de café a partir de dados obtidos em todos os locais, são apresentadas na Figura 14 e Ta

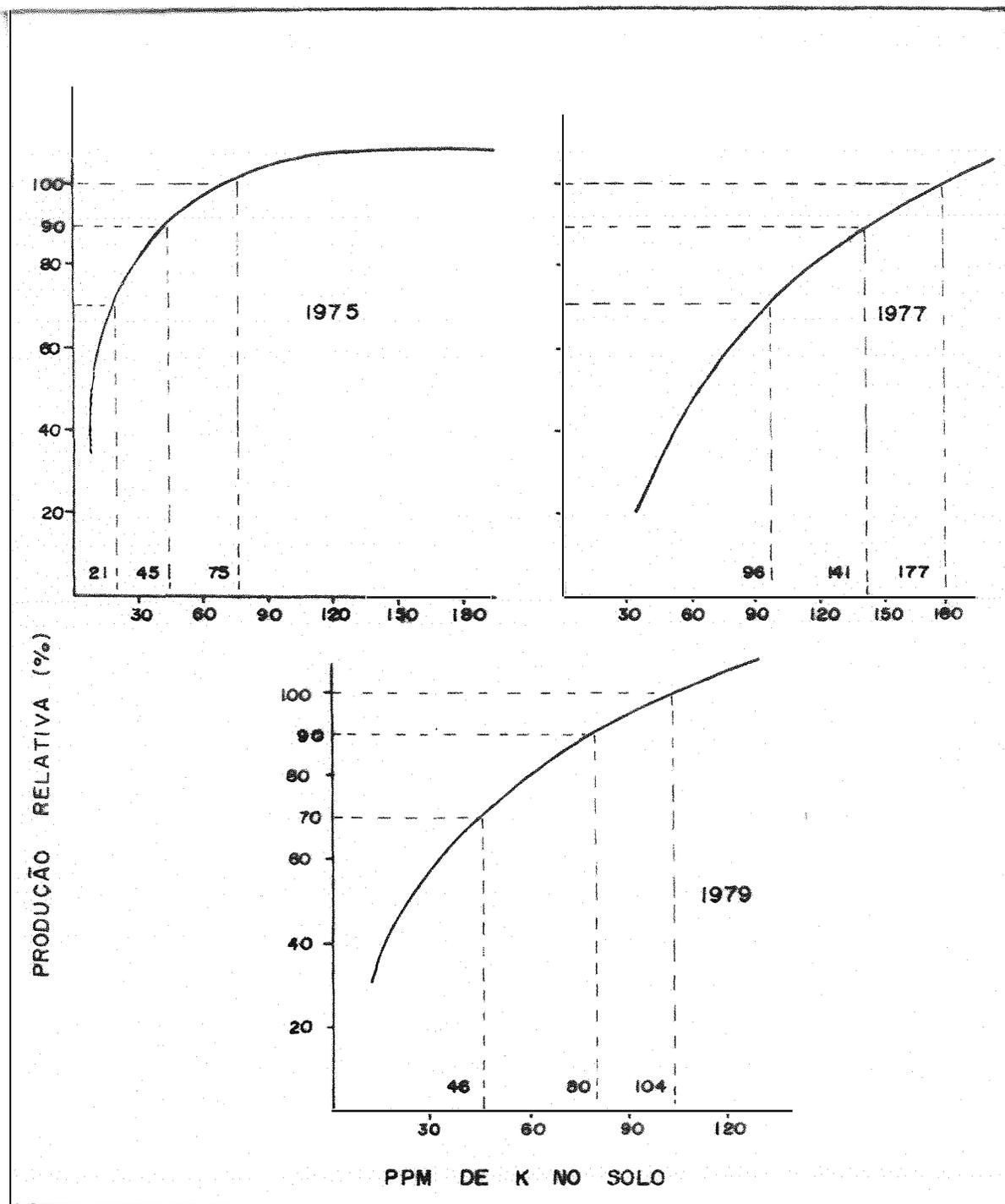


Figura 14. Correlação entre teores de K no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica, nos anos de alta produção, dos locais em que as respostas a K foram significativas.

bela 22. Os teores de K no solo que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima foram, respectiva - mente, de 96, 141 e 177 ppm. Estes maiores teores evidenciaram as elevadas exigências do cafeeiro a K, principalmente, em anos de elevada produção em solos de baixa fertilidade natural. A relação entre os teores de K no solo e a produção relativa de café, de 1979, a partir de locais onde as respostas a este nu - triente foram significativas, ou seja, LEH-Alfenas, LE-Machado e LRD-S.S. do Paraíso, são apresentadas na Figura 14 e Tabela 22. Os teores de K no solo, que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% de produção máxima, foram, respectivamente, de 46, 80 e 104 ppm de K. Os maiores teores encontrados em 1977 em relação aos encontrados em 1979 talvez seja devido ao fato de que, em 1977, a planta tenha tido uma alta produção em rela - ção a sua parte vegetativa, pois a planta ainda está em desen - volvimento, ou seja, uma alta relação parte reprodutiva em re - lação à parte vegetativa e sistema radicular. Em 1979, o maior desenvolvimento da planta e de seu sistema radicular, exploran - do um maior volume de solo, fez com que a planta, mesmo com uma alta produção, não apresentasse uma exigência maior e um maior nível crítico.

Nos anos de baixa produção (Figura 15 e Tabela 22), os teores de K no solo que correlacionaram a produção rela - tiva de 70, 90 e 100% foram, respectivamente, de 24, 42 e 70 ppm, no LRD de S. S. do Paraíso em 1976, evidenciando, assim, as menores exigências da planta quando em produções menores. No

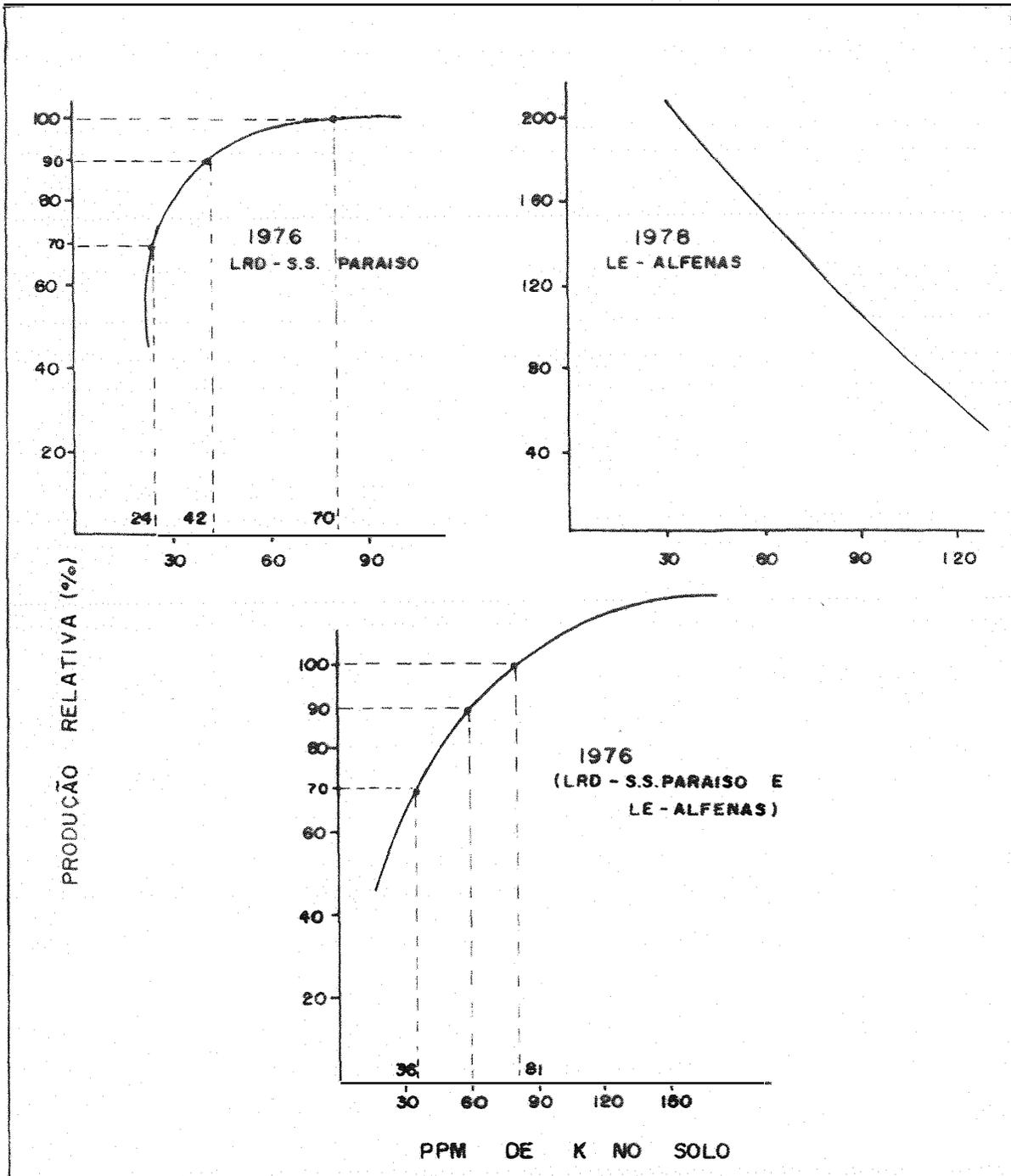


Figura 15. Correlação entre teores de K no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica nos anos de baixa produção em que a resposta ao K foi significativa.

ano de 1978, dado aos efeitos de bianuidade do cafeeiro, aquelas plantas que, em 1977 responderam a potássio, produzindo mais a maiores doses deste elemento, em 1978 tiveram sua produção reduzida. Plantas que produzem menos, em anos de alta produção, em casos extremos, podem produzir mais em anos de baixa produção que aquelas que tiveram uma boa produção no ano de alta produção. No ano de 1976, nos locais em que as respostas foram significativas (LRD-S.S. do Paraíso e LE-Alfenas), os teores de K no solo, que correlacionaram com produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima, foram, respectivamente, de 36, 60 e 81 ppm, inferiores aos obtidos nos anos de alta produção (Figura 15).

Nos anos de alta produção, a relação entre os teores de K no solo e a produção relativa de café no LRD de São Sebastião do Paraíso, a partir de dados dos anos em que as respostas a este nutriente foram significativas (1975, 77 e 79), os teores de K no solo que proporcionaram produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima foram, respectivamente, de 60, 93 e 126 ppm (Figura 16 e Tabela 22). No LE de Machado estas relações corresponderam, respectivamente, a teores de 45, 87 e 123 ppm de K no solo para estes mesmos anos. No LEH de Alfenas, as relações a partir de dados referentes aos anos de 1977 e 79 em que as respostas a K foram significativas, os teores de K no solo correspondentes a produções relativas de 70, 90 e 100%, foram de 72, 117 e 171 ppm de K no solo.

Quando se correlacionaram os teores de K no solo

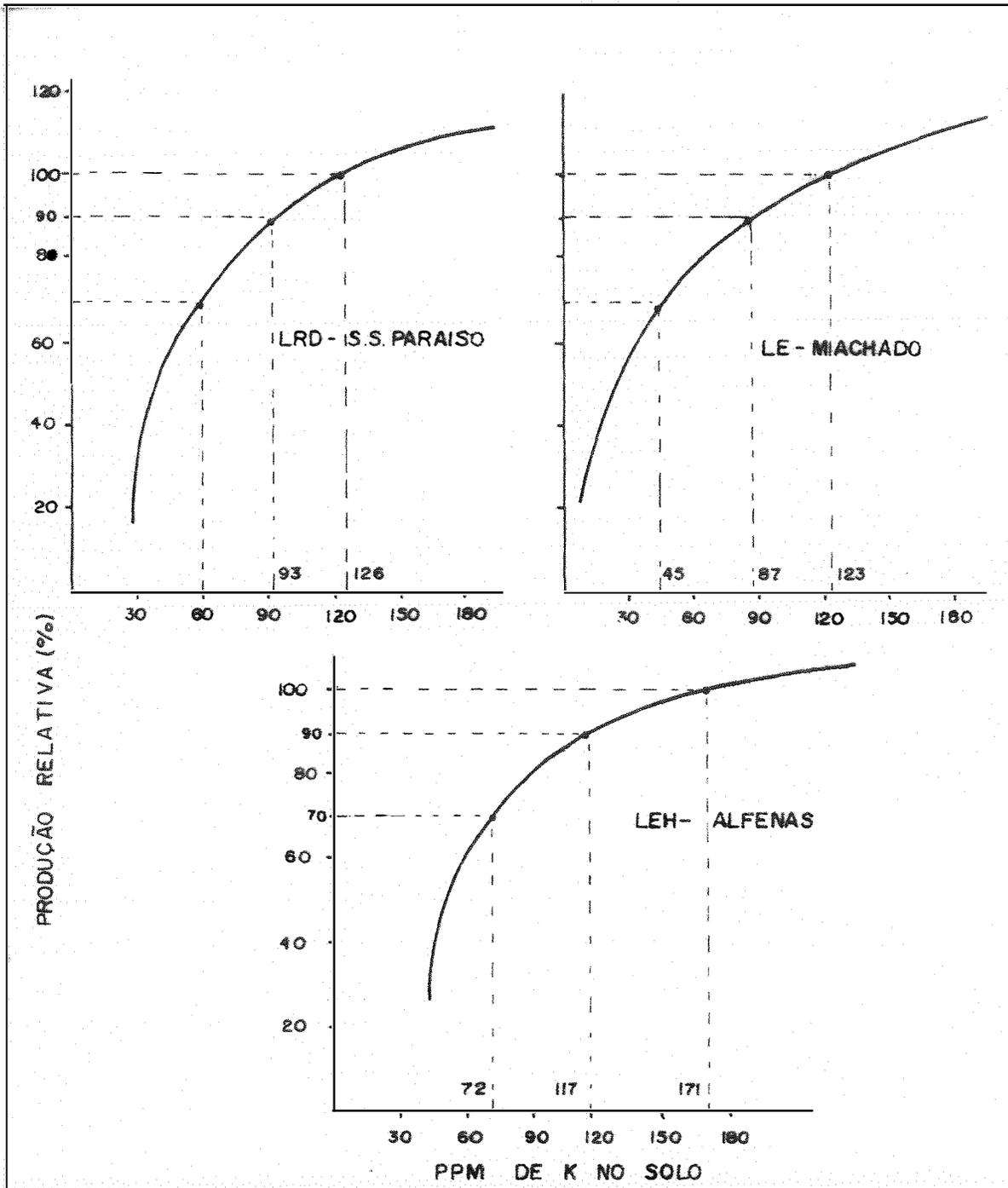


Figura 16. Correlação entre teores de K no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica nos anos de alta produção em que a resposta ao K foi significativa, em S. S. de Paraíso (1975/77/79); Machado (1975/77/79) e Alfenas-LEH (1977/79).

com a produção relativa dos diversos locais e anos de alta produção em que esta foi significativa, as produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima de café relacionam, respectivamente a teores de 60, 112 e 150 ppm (Figura 17 e Tabela 22).

Apesar da correlação nos anos de baixa produção, entre os teores de K no solo e a produção relativa, dos locais onde as respostas a este nutriente foram significativas, não ter sido significativa (Figura 18 e Tabela 22), foram determinados os teores no solo que corresponderam a produções relativas de 70, 90 e 100% da produção máxima, ou seja, os teores de 25,8, 44,4 e 60,0 ppm, respectivamente. MALAVOLTA (1984) considera um solo adequado para o cafeeiro, aquele que possui teores de K trocável no solo de 117,3 ppm (0,3 e.mg/100 g de solo) a 156,4 ppm (0,4 e.mg/100 g de solo). A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (1978) estabelece os limites das classes de fertilidade do solo para K trocável como sendo de 0-30 ppm (baixo), 30 a 60 ppm (médio) e maior que 60 (alto). Os limites de teores de K trocável utilizados em São Paulo, para as diferentes culturas, são para valores muito baixos de 0 a 0,07 e.mg/100 cm³ de solo (0 a 27 ppm), baixos de 0,08 a 0,15 e.mg/100 cm³ de solo (31 a 59 ppm); médios de 0,16 a 0,30 e.mg/100 cm³ de solo (62 a 117 ppm); altos de 0,31 a 0,60 e.mg/100 cm³ de solo (121,2 a 234,6 ppm) e muito alto maior que 0,60 e.mg/100 cm³ de solo ou 234,6 ppm.

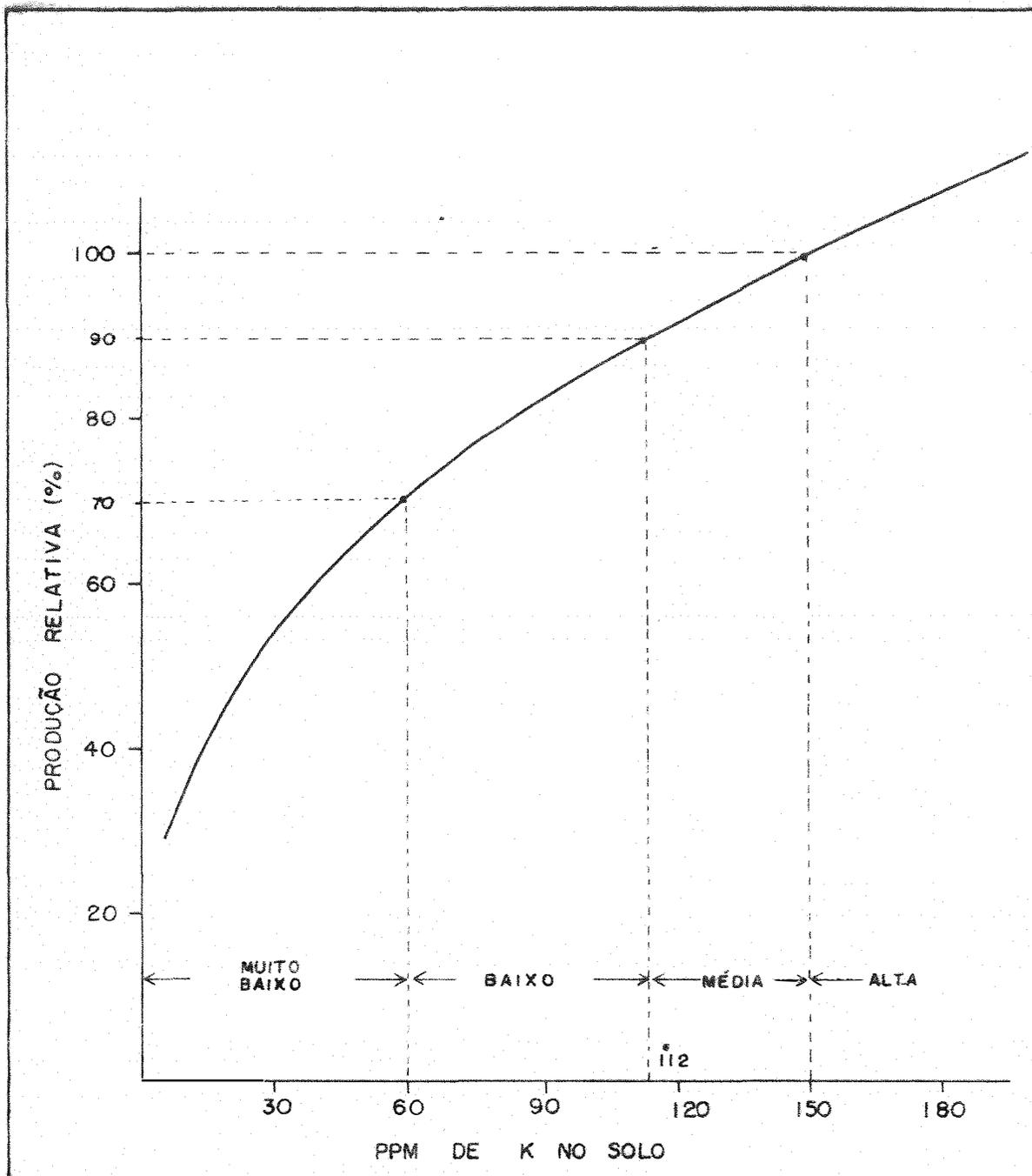


Figura 17. Correlação entre teores de K no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica, em anos de alta produção nos locais em que as respostas a K foram significativas.

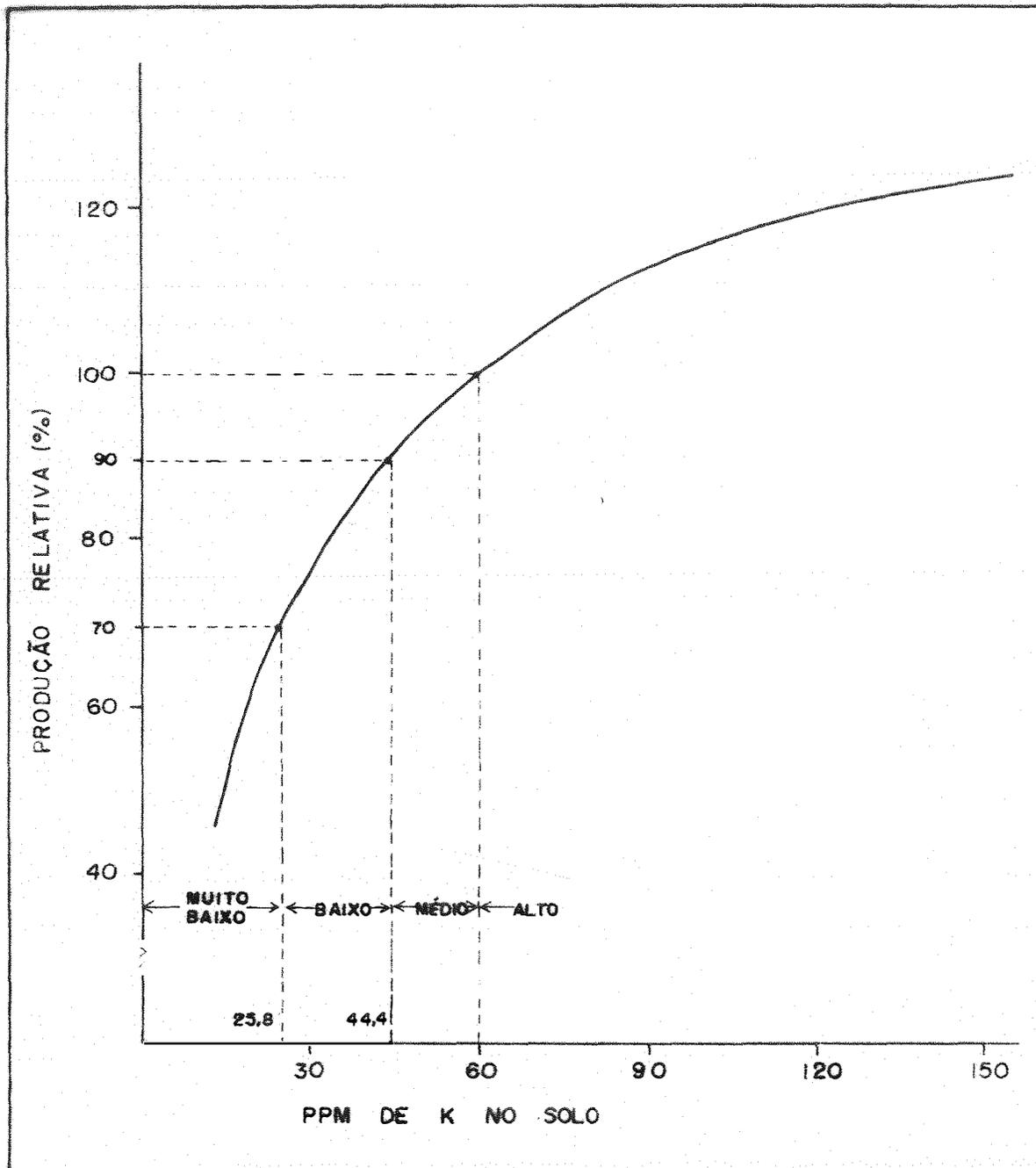


Figura 18. Correlação entre teores de K no solo (ppm) e a produção relativa, na ausência de M. orgânica em anos de baixa produção nos locais em que as respostas a K foram significativas.

Tabela 22. Equações de correlação entre a produção relativa de café (y) e os teos (x) de K no solo (ppm), na ausência de matéria orgânica, nos anos e locais em que as respostas a este nutriente foram significativas

	Equação	R ²	Locais/anos
	- Por ano -		
1975	$LNy = 4,748 - 10,161/xi$	63,81**	LE de Alfenas e Machado e LRD de São Sebastião Paraíso
1977	$LNy = 4,962 - 63,851/xi$	96,29*	LEH e LE de Alfenas, LE de Machado e LRD de S.S. do Paraíso
1979	$y^2 = -20063,702 + 6491,289LNxi$	75,39**	LEH de Alfenas, LE de Machado e LRD de S.S. do Paraíso
1976	$1/y = 0,0071 + 0,235/xi$	81,24*	LE de Alfenas e LRD de S.S. do Paraíso
1976	$y^2 = 12564,22 - 182811,378/xi$	99,98**	LRD de S.S. Paraíso
1978	$1/y = 0,0029 + 0,000065 xi$	99,54*	LE de Alfenas
	- Por local -		
LRD - S.S. Paraíso	$LNy = 4,922 - 39,728/xi$	65,49**	1975, 77 e 79
LE - Machado	$y = -47,396 + 30,590 LNxi$	70,67**	1975, 77 e 79
LEH - Alfenas	$y = 122,008 - 3790,568/xi$	92,77**	1977 e 79
LE - Alfenas	$1/y = 0,0256 - 0,00298LNxi$	40,99NS	1975 e 77

Tabela 22. Continuação

	Equação	R ²	Locais/anos
LRD - S. S. Paraíso	$y^2 = 12564,22 - 182811,37/x_i$	99,98**	1976
LE - Alfenas	$y^2 = 4482,681 + 950072,745/x_i$	42,00NS	1976 e 78
LE - Alfenas	$1/y = 0,0029 + 0,000065 x_i$	99,54*	1978
	- Todos anos e locais -		
	$LNy = 2,667 + 0,3865 LNx_i$	48,88**	LRD de S.S. Paraíso (1975, 77 e 79); LE de Machado (1975, 77 e 79); LEH de Alfenas (1977 e 79); LE de Alfenas (1975, e 77)
	$1/y = 0,0069 + 0,1842/x_i$	40,33NS	LRD de S.S. Paraíso (1976); LE de Alfenas (1976 e 78)

* Significativo a 5% de probabilidade (P > 0,05)

** Significativo a 1% de probabilidade (P > 0,01)

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvida a pesquisa, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. Ocorreram respostas generalizadas à adição da matéria orgânica no LE de Machado, e nos LEH e LE de Alfenas, atribuindo a isto, ao seu efeito de suplementar, os elementos químicos do solo, com os nutrientes nela contidos. No LRD de S.S. do Paraíso, dado à falta de respostas à adubação N-P, suas respostas não foram relevantes, não apresentando assim sua função em corrigir desbalanços nutricionais.

2. As curvas de resposta do LE de Machado, LEH e LE de Alfenas, na ausência de esterco de galinha evidenciaram que de uma maneira geral as doses intermediárias de N foram suficientes para produções máximas, ocorreram nestes solos respostas relevantes a P, talvez devido a baixa disponibilidade deste nutriente no solo aliado a seus efeitos na fase de formação e quanto ao K, pareceu ser um nutriente limitante

para a produção com respostas em todos os solos inclusive no LRD de S. S. do Paraíso.

3. As adubações NPK, na ausência de matéria orgânica, em suas melhores relações segundo as curvas de resposta, proporcionaram produções elevadas, mostrando que o esterco de galinha nestas condições seria dispensável. A matéria orgânica, em relações NPK desfavoráveis, corrigiu desbalanços nutricionais elevando a produção.

4. A correlação entre doses de fertilizante e a produção relativa nos locais onde a resposta foi significativa demonstrou que a produção máxima na primeira colheita (1975) correspondeu a uma dose de 122,0 g de P_2O_5 /cova aplicada no plantio; a uma dose de 75,0 g de P_2O_5 /cova na 3a. colheita (1977) e a 58,5 g de P_2O_5 /cova em 1979. Nos anos de baixa produção as doses de P_2O_5 aplicadas não correlacionaram com a produção. Em nenhum local as respostas foram significativas a aplicação de P em anos de baixa produção.

5. A correlação entre doses de fertilizantes e a produção relativa, nos locais onde as respostas foram significativas, demonstrou que a produção máxima na primeira colheita (1975) correspondeu a uma dose de 72,0 g de K_2O /cova; a uma dose de 113,0 e de 118,0 g de K_2O /cova respectivamente na ausência e presença de Matéria Orgânica, na 3a. colheita (1977) e a 191,0 g de K_2O /cova na 5a. colheita (1979).

6. O nível crítico de P no solo, a partir de dados de locais e anos em que as respostas foram significativas (anos de alta produção) foi de 9,2 ppm, correspondente a uma produção relativa máxima de 90%.

7. O nível crítico de K no solo, a partir de dados de locais e anos de alta produção em que as respostas foram significativas foi de 112 ppm de K e 60 ppm em anos de baixa produção, ambos correspondentes a uma produção relativa máxima de 90%.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABRUÑA, F., J. VINCENTE-CHANDLER e S. SILVA, 1959. The effect of different fertility on yields of intensively managed coffee in Puerto Rico. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. Rio Piedras, 43(3):141-146.
- ABRUÑA, F., J. VINCENTE-CHANDLER, L.A. BECERRA e R. BOSQUE LUGO, 1965. Effects of liming and fertilization on yields and foliar composition of high-yielding sun grown coffee in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. Rio Piedras, 49(4) 413-428.
- ADUAYI, E.A., 1970. Soil-plant nutrient relationships in tree crops with special reference to coffee: a review. Turrialba. Costa Rica, 20(4):463-470.
- ANANTH, B.R., 1966. Algunas tendencias en los ensayos de abonamiento en café. Indian Coffee. Mysore, 30(8):7-11.

- AVILAN, R.L., 1971. Variaciones de los niveles de nitrogeno , fosforo, potasio y calcio en las hojas de mango (*Mangifera indica*, L.) a través de un ciclo de producción. Agronomia Tropical, Maracay, 21(1):3-10.
- AVILAN, R.L., 1974. Cuatro años de fertilización en Mango (*Mangifera indica* L.) en suelos de la serie Maracay. Agro-nomia Tropical, Maracay, 24(2):97-104.
- BEAUMONT, J.H., 1939. An analysis of growth and yield relationships of coffee trees in the Kona District, Hawaii . Journal Agricultural Research. Washington, 59(3):223-235.
- BÉNAC, R., 1965. Étude des besoins en éléments majeurs du caféier arabica en Pays Bamoun (Cameroun). Réponse des caféiers aux traitements fertilizants (1^{ère} partie). Café, Cacao, Thé. Nogent-sur-Marne, 9(1):3-23.
- BOULD, C., E.G. BRADFIELD e G.M. CLARKE, 1960. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruits crops. I- General principles, sampling techniques and analytical methods. Journal Science of Food Agriculture. Londres, 11:229-242.
- BOULD, C., 1963. Soil and leaf analysis in relation to fruit nutrition. Journal Science Food Agriculture. Londres, 14: 710-718.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. COMISSÃO DE SOLOS, 1962. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. 462 p. (Boletim SNPA, 13).

- BRASIL. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1984. Anuário Estatístico do Café. Rio de Janeiro, Coordenadoria de Estudos da Economia Cafeeira, Instituto Brasileiro do Café. 128 p. (Nº 15).
- CARANDANG, D.A., 1961. The effect of fertilizers on the yield of coffee in Matutum, Cotabato. Philips. Agriculture. 45 (7):365-370.
- CARVAJAL, J.F., 1959. Nutrición Mineral del Cafeto. São José (Costa Rica), Ministério de Agricultura e Indústrias, Serviço Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola-Stica. 16 p. (Información técnica nº 9).
- CARVAJAL, J.F. e C.A. LOPEZ, 1965. Acumulación de nutrimentos en el suelo en función de la fertilización periódica. In: Informe Anual Resúmenes de las labores realizados en 1964. Laboratório de Investigaciones Agronômicas - Facultad de Agronomia, Univer. Costa Rica, San José. p. 13 a 16.
- CARVAJAL, J.F., 1976. Requerimiento de minerales por el cafe-to. Revista Cafetalera. Guatemala, 157:25-27.
- CARVALHO, C.H.S., 1985. Relação entre a seca de ramos e a produção, teor de minerais, teor de amido e morte de raízes da progênie de Catimor UFV-1359 (Coffea arabica, L.). Viçosa, UFV, Impr. Universitária, 43 p.
- CATANI, R.A. e F.R.P. de MORAES, 1958. A composição química do cafeeiro - quantidade e distribuição de N, P₂O₅, CaO em cafeeiro de 1 a 5 anos de idade. Revista de Agricultura. Piracicaba, 33:45-62.

- CATANI, R.A., D. PELLEGRINO, H. BERGAMIN FILHO, N.A. GLÓRIA e C.A.F. GRANER, 1965. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro, *Coffea arabica* var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 22:82-93.
- CATANI, R.A., D. PELLEGRINO, J.C. ALCARDE e C.A.F. GRANER, 1967. Variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 24:249-263.
- CERVELLINI, G.S., 1977. Alterações químicas em solo de cerrado. Instituto Agronômico. Campinas. 35 p. (Bóletim técnico nº 50).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1978. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 3a. aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG. 80 p.
- COOIL, B.J., 1960. La composición de la hoja en relación al crecimiento y al rendimiento del café en Kona. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. Costa Rica. 24 p. (Materiales de enseñanza de café e cacao, nº 19).
- COOIL, B.J., Y. WATANABE, E.T. FUKUNAGA e S. NAKATA, 1961. Responses to phosphate in coffee. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Honolulu. 8p. (Technical Progress Report 133).

- CORREA, J.B., A.W.R. GARCIA e P.C. da COSTA, 1983. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10^o, Poços de Caldas, Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA. p. 177-183.
- CURI, N. e M. RESENDE, 1978. Caracterização, gênese e uso dos principais solos do Brasil com ênfase à região Sul de Minas Gerais. Lavras-Viçosa. 47 p. (Mimiografado).
- DEAN, L.A. e J.H. BEAUMONT, 1938. Soils and fertilizers in relation to the growth and composition of the coffee tree. Proceeding of the American Society Horticultural Science. St. Joseph, 36:28-35.
- FORESTIER, F., 1967/68. O potássio e o cafeeiro robusta. Fer
tilité. Paris, 30:3-63.
- FRAGA JR, C.G. e CONAGIN, A., 1956. Delineamentos e análises de experimentos com cafeeiros. Bragantia. Campinas, 15
(17):177-191.
- FRANCO, C.M., W. LAZZARINI, A. CONAGIN, A.J. REIS e F.R.P. de MORAES, 1960. Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. Bragantia. Campinas, 19(33):523-546.
- GALLO, J.R., R. HIROCE, F.A.S. COELHO e S.V. TOLEDO, 1967. Le
vantamento do estado nutricional de cafezais de São Paulo, pela análise foliar. I. Solo Massapê-Salmorão. Bragantia. Campinas, 26(7):103-117.

- GALLO, J.R., R. HIROCE, O.C. BATAGLIA e F.R.P. de MORAES, 1970. Levantamento de cafezais do estado de São Paulo, pela análise química foliar. II. Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo-Orto. Bragantia. Campinas, 29:237-247.
- GALLO, J.R., R. HIROCE, O.C. BATAGLIA e F.R.P. de MORAES, 1971. Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro, em relação à adubação química. I. Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho Amarelo Orto. Bragantia. Campinas, 30(17): 169-177.
- GARCIA, A.W.R., J.B. CORREA e A.C.F. FREIRE, 1983. Levantamento das características químicas dos solos e estado nutricional das lavouras cafeeiras do Sul de Minas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10º, Poços de Caldas, Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA. p. 5-8.
- GOMEZ-GOMEZ, L., 1977. Influência de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. Cenicafé. Chinchiná, 28(1):3-17.
- HIROCE, R., O.C. BATAGLIA, J.R. GALLO e F.R.P. de MORAES, 1974. Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro, em relação à adubação química. II. Solo Podzólico Vermelho Amarelo-Orto. Ciência e Cultura. São Paulo, 26(1):64-69.

- HIROCE, R., O.C. BATAGLIA, F.R.P. de MORAES, J.R. GALLO, C. NERY e C.R.P. LAUN, 1975. Relações entre os teores de macro-nutrientes, boro e zinco das folhas de cafeeiro e as produções. Ciência e Cultura, São Paulo, 27(4):390-399.
- HIROCE, R., 1981. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA E., T. YAMADA e J.A. GUIDOLIN, Coord. Nutrição e Adubação do Cafeeiro. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato e, Instituto Internacional da Potassa. p. 117-134.
- INSTITUTO AGRONÔMICO, 1967. Ensaio de adubação. In: LAZZARINI, W., F.R.P. de MORAES, S.V. de TOLEDO e J.I. FIGUEIREDO, Coord. Experimentação Cafeeira 1929-1963. Campinas. p. 133-215.
- LAZZARINI, W., F.R.P. de MORAES, G.S. CERVellini, S.V. de TOLEDO e J.I. de FIGUEIREDO, 1975. Cultivo de café em Latosso-lo Vermelho Amarelo da região de Batatais, SP. Bragantia. Campinas, 34(14):229-239.
- LOPES, A.S. e N. CURI, (sem data). Oxisols acidity and fertility evaluation: a need for suitable management. Lavras, 34 p. (Mimeografado).
- LOTT, W.L., A.C. McCLUNG, R. de VITA e J.R. GALLO, 1961. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, IBEC Research Institute. 72 p. (Boletim n° 26).

- LOUÉ, A., 1955. Diagnostic foliaire comparé du caféier dans les régions de Daloa et de Bingerville. Centre de Recherches Agronomiques de Bingerville. p. 38-53 (Bulletin special).
- MALAVOLTA, E., F. PIMENTEL GOMES e T. COURY, 1958. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. I. Resultados preliminares. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". (Boletim nº 14).
- MALAVOLTA, E., E.A. GRANER, J.R. SARRUGE e L. GOMES, 1963. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita, pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". Turri alba. Costa Rica, 13:188-189.
- MALAVOLTA, E., 1965. Nutrição do Cafeeiro. In: Krug, C.A., E. MALAVOLTA, F.R.P. de MORAES, R.A. DIAS, A. CARVALHO, L. C. MONACO, C.M. FRANCO, J. BERGAMIN, W.O. HEINRICH, J. ABRAHÃO, A. RIGITANO, O.F. de SOUZA e J.F.M. FAVA. Coord. Cultura e adubação do cafeeiro. São Paulo, ed. Instituto Brasileiro de Potassa, 2a. ed. p. 159-201.
- MALAVOLTA, E., 1970. Intensive fertilization of coffee in Brazil. Proceedings 9th Congress International. Entibes. International Potash Institute. p. 331-344.

- MALAVOLTA, E., 1980a. Nutrição Mineral e Adubação do Cafeeiro. 3a. ed. São Paulo. Departamento de Serviços Técnicos Agrônômicos Ultrafértil. 40 p. (Série de divulgação técnica).
- MALAVOLTA, E., 1980b. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 251 p.
- MALAVOLTA, E., 1981. Nutrição Mineral e Adubação do Cafeeiro - Passado, presente e perspectivas. In: MALAVOLTA, E.; T. YAMADA e J.A. GUIDOLIN, Coord. Nutrição e Adubação do cafeeiro. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato e, Instituto Internacional da Potassa, p. 138-178.
- MALAVOLTA, E., 1984. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B., Coord. Simpósio sobre Fatores que Afetam a Produtividade do Cafeeiro, Poços de Caldas. vol. II. p. 88-226.
- MEHLICH, A., 1966. Soil fertility and plant nutrition. In: Annual Report 1965/66. Coffee Research Foundation, Quênia. p. 32-40.
- MEHLICH, A., 1967. Mineral nutrition in relation to yield and quality of Kenya coffee. Effect of nitrogen fertilizers, mulch and other materials on yield and grade "A" coffee. Kenia Coffee. Nairobi, 32:399-407.
- MENDES, J.E.T., 1957. Adubação do cafeeiro. In: I Curso de de Cafeicultura, 3a. ed., Campinas. Instituto Agronômico de São Paulo, p. 149-160.

- MORAES, F.R.P. de, G.S. CERVELINI e W. LAZZARINI, 1974. Adubação química com N, P, K, B e Zn em cafeeiros plantados em Latossolo Vermelho Amarelo Orto da região de Campinas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 2º, Poços de Caldas, Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA. p. 281-282.
- MULLER, L., 1959. La aplicación del diagnóstico foliar en el cafeto (*Coffea arabica*, L.) para una mayor fertilización. Turrialba. Costa Rica, 9(4):110-122.
- PAVAN, M.A., J.C.D. CHAVES e L. MESQUITA FILHO, 1986. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(1):33-42.
- PEREIRA, J.E., R. SANTINATO e A.E. MIGUEL, 1976. Levantamento do estado nutricional do cafeeiro com base na análise foliar. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira. 4º, Caxambu, Resumos. Rio de Janeiro, IBC-GERCA. p. 159-164.
- PEREZ, V. et alii, 1963. Nutrición del cafeto en Costa Rica. Informe de Progreso de 5 anos de investigación. San José (Costa Rica), Ministério da Agricultura y Industrias. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola-Stica. 35 p. (Boletín Técnico nº 43).
- PIMENTEL GOMES, F., R.S. MORAES, T. COURY e E. MALAVOLTA, 1965. Estudos sobre a alimentação do cafeeiro. XIV. Efeitos de adubação mineral e orgânica na produção e na composição das folhas. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba 22:117-129.

- PIMENTEL GOMES, F., 1966. Curso de estatística experimental. 3a. ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 404 p.
- PIPAEMG, 1972. Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. 2a. tentativa. Belo Horizonte, Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais - PIPAEMG. 88 p.
- RAIJ, B. van, 1981. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato - Instituto Internacional da Potassa. 142 p.
- RAIJ, B. van, 1986. Fertilidade do solo e necessidades de cálcio e fertilizantes para o estado de São Paulo. In: Informações Agronômicas, Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato (33):6-8.
- RAIJ, B. van, (sem data). Critical evaluation of different phosphorus extractions on oxisols. Campinas. 18 p. (Mimeografado).
- RESENDE, M.; S.B. de RESENDE; T. HARA e P.T.G. GUIMARÃES, 1973/74. Levantamento de reconhecimento dos solos das bases físicas de Ponte Nova e São Sebastião do Paraíso, estado de Minas Gerais. In: PROJETO CAFÉ - Relatório Anual 73/74, Belo Horizonte, EPAMIG. p. 268-272.
- ROBINSON, J.B.D., 1967. Nutrition of coffee-deriving reliable data for advisory purposes. East African Agricultural and Forestry Journal. Nairobi, 33(1):95-99.

- ROCHA, T.R., F.R.P. de MORAES, W.O. HEINRICH e W. LAZZARINI
1980. Adubação mineral e orgânica do cafeeiro em Podzólico Vermelho orto da região de Mococa, SP. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 8º, Campos do Jordão, Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA. p. 284-285.
- SANTANA, D.P. e U.J. NAIME, 1978. Solos mais favoráveis para a cafeicultura. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. 4 (44):9-11.
- SINGH, L.B., 1968. The Mango. Londres, Leonard Hill Books . 438 p.
- SMSS/EMBRAPA/UPR, 1986. Proc. 8º International Soil Classification Workshop. 285 p. (No prelo).
- SOUZA, S.P. e J.V.M. CAIXETA, 1974. Resposta do cafeeiro Mundo Novo à aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 2º, Poços de Caldas, Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA. p. 276.
- STEPHANS, D., 1967. A note on the correlations between coffee yields and soil analysis in Uganda. East African Agricultural and Forestry Journal. Nairobi, 32(4):456-458.
- STEVENS, W.L., 1949. Análise estatística do ensaio de variedades de café. Bragantia. Campinas, 9:103-123.
- URIBE-HENAO, A. e A. MESTRE-MESTRE, 1976. Efecto de nitrogeno, el fosforo y el potasio sobre la producción de café. Cenicafé. Chinchiná, 27(4):158-173.

- VETTORI, L., 1969. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, EPEMA. 24 p. (Boletim Técnico; 7).
- VILELA, L., J.E. da SILVA, K.D. RITCHEY e D.M.G. de SOUZA, 1986. Potássio. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel e Brasília, EMBRAPA, CPAC. p. 202-222.
- WELLMAN, F.L., 1961. Coffee: botany, cultivation and utilization. Londres, Leonard Hill Limited. 488 p.