

**HUMBERTO SILVA AUGUSTO**

**DESEMPENHO DE VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EM  
ESPAÇAMENTOS ADENSADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2000**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T Augusto, Humberto Silva, 1970-  
A923d Desempenho de variedades de café (*Coffea arabica* L.)  
2000 em espaçamentos adensados / Humberto Silva Augusto. –  
Viçosa : UFV, 2000.  
122p. : il.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martnez  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Café - Variedades - Desempenho. 2. Café - Espaça-  
mento. 3. Café - Nutrição. 4. Café - Análise de trilha. I.  
Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19. ed. 633.73

CDD 20. ed. 633.73

A Deus que me abençoou e iluminou em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Ismael e Maria Neuza, às minhas irmãs Georgete, Margarete e Elizete pelo amor, carinho e apoio.

Aos meus sobrinhos Helena, Gustavo, Fernando e Júlia e em especial ao meu querido filho Eyder, que com a pureza de seus sorrisos alegraram as nossas vidas e renovaram as nossas forças.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de efetuar este curso e ao CNPq, pela bolsa concedida.

À Prefeitura Municipal e ao Sindicato Rural Patronal de Ervália, por ceder a área para elaboração e condução do ensaio.

À Professora Hermínia, pela orientação durante o curso e a execução do trabalho e pela grata amizade.

Aos Professores Néelson Sampaio e Cosme Damião Cruz, e ao Doutor Antônio Alves Pereira (Tônico) pelos ensinamentos, pelas críticas e valiosas sugestões.

Ao Professor Ney Sussumu Sakiyama e ao Doutor Antônio de Pádua Alvarenga pelas apreciações e pelos incentivos na elaboração da tese.

Com imenso carinho aos meus pais, às minhas irmãs, aos meus cunhados Sílvio e Murilo, pela força e pelo incentivo.

À memória de minhas avós Osvalda e Zélia pelo amor, carinho, e acolhimento durante toda minha formação acadêmica.

À minha ex-esposa Daniela e sua família Edson, Eliana, Humberto e Stella pela amizade e compreensão.

Aos amigos de Ervália Renato, Francisco, Afonso, João, Mônica, Cecília, Thâmar, Heloísa, David, Betinho, Lídson, Jules, Weber, Marcinho, Elton, Marcelo, Aurélio, Luís Henrique, Ronald, Tia Dora e Godinho, aos amigos do Departamento de Fitotecnia Adélia, Aymbiré, Yonara, Anselmo, Wanderlei e José Roberto e sua esposa Luciana, aos meus primos Ricardo, Eliandro, Eduardo e Fabiano pelo companheirismo e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia Mara, Domingos, Itamar e Assis, aos funcionários e amigos da Prefeitura Municipal de Ervália João Aparecido (João Pulga) e Teófilo (Carioca) e à comunidade do Turvão, local da instalação do ensaio, representada pelas famílias do sr. Argemiro e sr. Vicente, por toda ajuda durante o decorrer do curso e condução do ensaio.

A todos os que colaboraram na realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

## BIOGRAFIA

Humberto Silva Augusto, filho de Ismael Fontes Augusto e Maria Neuza da Silva Fontes, nasceu em Belo Horizonte, MG, em 7 de fevereiro de 1970.

Em 1988, ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, diplomando-se em agosto de 1992.

Em setembro de 1992, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na universidade onde se graduara, concluindo-o em novembro de 1994.

Durante o período de fevereiro de 1995 a agosto de 1999 foi o Responsável Técnico pelo Núcleo de Difusão de Tecnologia em Café de Ervália.

Em setembro de 1995, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia na mesma universidade, tendo defendido tese em 6 de dezembro de 2000.

## CONTEÚDO

	página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
PRODUTIVIDADE, ÉPOCA E UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS EM VARIEDADES DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> L.) SOB ESPAÇAMENTOS ADENSADOS .....	3
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
2.1. Local clima e solo.....	6
2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos.....	6
2.3. Instalação e Condução do Ensaio.....	7
2.4. Avaliações.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1. Produção por Planta.....	11
3.2. Produtividade.....	15
3.3. Época e Uniformidade de Maturação.....	21
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	30
CAPÍTULO 2.....	34
CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO ( <i>Coffea arabica</i> L.) E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO EM ESPAÇAMENTOS ADENSADOS.....	34
1. INTRODUÇÃO .....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41

2.1. Avaliações.....	41
2.2. Análise de trilha.....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.1. Avaliação geral das características vegetativas.....	43
3.2. Estudos das Correlações entre Caracteres Vegetativos e Produtividade através da Análise de Trilha.....	53
3.2.1. Primeira Colheita.....	56
3.2.2. Segunda Colheita.....	61
4. RESUMOS E CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
CAPÍTULO 3.....	72
TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES EM CAFEEIROS ( <i>Coffea</i> <i>arabica</i> L.) E SUAS CORRELAÇÕES COM A PRODUÇÃO EM ESPAÇAMENTOS ADENSADOS.....	72
1. INTRODUÇÃO .....	72
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	78
2.1. Avaliações.....	78
2.2. Análise de Trilha.....	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
3.1. 21 meses após o plantio.....	81
3.2. 34 meses após o plantio.....	85
3.2.1. Efeito de Variedades.....	85
3.2.2. Efeito de Espaçamento.....	90
3.3.3. Estudo das correlações entre produtividade e teor foliar de nutrientes através da análise de trilha.....	95
3.3.1. Primeira Colheita.....	96
3.3.2. Segunda Colheita.....	102
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
APÊNDICE.....	118
CONCLUSÕES GERAIS.....	119



## RESUMO

AUGUSTO, Humberto Silva. D.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2000. **Desempenho de variedades de café (*Coffea arabica* L.) em espaçamentos adensados**. Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez. Conselheiros: Néelson Ferreira Sampaio e Cosme Damião Cruz.

Na avaliação do desempenho de seis genótipos de café (Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880) em espaçamentos adensados entre fileiras (1,00; 1,50; 2,00; 2,50 m entre fileiras x 0,75 m entre plantas), em Ervália – MG, verificou-se que não houve aumento da competição entre plantas provocada pelo adensamento, suficiente para reduzir a produção por plantas, indicando a possibilidade de se utilizar espaçamentos inferiores a 1,00 x 0,75 m para atingir maiores produtividades nas duas primeiras colheitas. Aos 33 meses, o adensamento aumentou a altura de planta da maioria das variedades, exceção feita à da Oeiras MG 6851 que não foi influenciada pelos espaçamentos. Esta variedade mostrou-se bastante adequada ao adensamento, pois além de ser uma das que alcançaram maiores produtividades, também apresentou maturação mais precoce e características vegetativas que favorecem os tratos

culturais e a colheita em plantios adensados, uma vez que com a diminuição do espaçamento não ocorreu estiolamento da planta e o diâmetro máximo da copa diminuiu linearmente. Tanto as características vegetativas do cafeeiro (altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro da base do caule e número de ramos plagiotrópicos) quanto o teor foliar de nutrientes explicaram de maneira satisfatória a variação na produtividade, conforme constatado pela análise de trilha. Aos 20 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais, em todos espaçamentos. Aos 33 meses, isso aconteceu somente no espaçamento de 2,5 m; no espaçamento de 1,0 m, o desenvolvimento da altura de planta competiu com a produção de grãos, enquanto que plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. Aos 34 meses após o plantio, o adensamento influenciou a disponibilidade dos nutrientes P, K e Mg no solo, e/ou a capacidade de absorção desses nutrientes pelo cafeeiro, aumentando a de P, para a maioria das variedades e aumentando a de K e diminuindo a de Mg, para as variedades Katipó e Oeiras Mg 6851. Com as doses de corretivo e adubos empregadas, as concentrações foliares de nutrientes relacionadas às variações na produção de grãos foram a falta de N (primeira safra) e dos micronutrientes Zn, Fe e B (segunda safra) nos espaçamentos mais largos e à falta (primeira colheita) ou ao excesso (segunda colheita) de Ca nos mais adensados.

## ABSTRACT

AUGUSTO, Humberto Silva. D.S., Universidade Federal de Viçosa, December, 2000. **Performance of coffee varieties (*Coffea arabica* L.) in condensed row spacings.** Adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez. Committee Members: Cosme Damião Cruz and Nélon Ferreira Sampaio.

In the evaluation of the performance of six coffee varieties (Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 and Catimor UFV 3880) in condensed row spacings (1,00; 1,50; 2,00; 2,50 m among arrays x 0,75 m among plants), in Ervália, state of Minas Gerais, it was verified that there was not increase of the competition among plants caused by the spacing reduction, big enough to reduce plant production, presenting the possibility of using inferior spacings to 1,00 x 0,75 m to reach higher levels of productivity in the first two harvest. At the 33<sup>rd</sup> month, the spacing reduction increased the plant height of most of the varieties, done exception the one of Oeiras MG 6851 that was not influenced by the spacings. This variety was shown quite appropriate for high density planting, besides being one that reached the largest yields, it also presented more early

maturation and vegetative characteristics that favor the cultivation practices and the harvest in high density planting, once with the decrease of the spacing, an increase in the plant height wasn't observed and the maximum canopy's diameter decreased in a lineal way. The vegetative characteristics (plant height, maximum canopy's diameter, stem basal diameter and number of primary branches) just like the content to leaf nutrients explained the variation coffee bean production in a satisfactory way, as verified by the path analysis. At the 20<sup>th</sup> month, higher plants tended to produce more, in all spacing. At the 33<sup>rd</sup> month, it only occurred in the spacing of 2,5 m; in the spacing of 1,0 m the development of the plant height competed with the coffee bean production while plant with larger stem diameter and with larger number of primary branches was tending to be more productive. At the 34<sup>th</sup> month after planting the reduction spacing influenced P, K and Mg readiness in the soil and/or absorption capacity of these nutrients, increasing P, for most of the varieties, increasing K and reducing Mg, for the varieties Katipó and Oeiras Mg 6851. With the corrective and fertilizers levels used, the content of leaf nutrients related to the variations in the coffee bean production were the lack of N (first harvest) and of the micronutrients Zn, Fe and B (second harvest) in the widest spacings and to the lack (first harvest) or7 to the excess (second harvest) of Ca in the most condensed spacings.

## INTRODUÇÃO GERAL

O café é o segundo produto mundial em valor agregado, sendo uma das principais fontes de divisas para os países em desenvolvimento. Além da importância econômica, a cafeicultura possui grande capacidade de distribuição de renda e de fixação de mão-de-obra não especializada no campo, beneficiando milhões de pessoas em todo mundo. O Brasil insere-se neste contexto como o principal produtor e exportador e o segundo maior consumidor de café do mundo.

A produção do Estado de Minas Gerais representa cerca de 55% da produção brasileira e a região da Zona da Mata produz cerca de 25% da produção do Estado. Segundo a FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1996), a grande maioria dos produtores dessa região é pequeno (75% das propriedades cafeeiras possuem menos de 10 ha), com a cafeicultura ocupando apenas 17,5% da área total dos imóveis rurais. A produtividade média da região no último biênio (safra 98/99 e 99/00) ficou em torno de 15 sacas.ha<sup>-1</sup> (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ, 1999/2000).

O sistema de plantio de café adensado vem preencher aquelas condições em que é recomendável o uso mais intenso da área, principalmente nas pequenas propriedades, ou então, naquelas com pouca área disponível e

em regiões montanhosas, onde os tratos têm que ser realizados manualmente, características intrínsecas da Zona da Mata mineira. Geralmente se podem esperar incrementos significativos na produção do café, principalmente nas primeiras colheitas, quando se aumenta a população por unidade de área, o que compensa, em muito, as dificuldades de manejo da cultura, em termos de poda, colheita, pulverizações e outros.

A partir da década de 1990, alguns produtores começaram a adotar espaçamentos superadensados (10.000 a 20.000 plantas/ha) com base em resultados de pesquisa e mais recentemente iniciou-se o cultivo de café hiperadensado (acima de 20.000 plantas/ha), porém, sem informações tecnológicas concretas sobre o comportamento dos cafeeiros neste sistema (BARTHOLO, et al., 1998).

Com o adensamento, deve-se ter a preocupação de usar a variedade que melhor se adapte às condições locais nesse sistema, permitindo maximizar os efeitos de todas as tecnologias e práticas de manejo utilizadas, pois uma variedade estável e adaptada é uma tecnologia de fácil acesso e baixo custo.

Esta pesquisa foi dividida em capítulos e procura mostrar o comportamento de diferentes variedades em espaçamentos adensados e como esse binômio variedades x espaçamento pode atuar sobre: a precocidade de produção, a produtividade, a precocidade e uniformidade de maturação (primeiro capítulo) a morfologia e a arquitetura do dossel (segundo capítulo), e o teor foliar de nutrientes na planta (terceiro capítulo). No segundo e terceiro capítulos foi realizada ainda a análise de trilha para estudo dos efeitos diretos e indiretos das características morfológicas e concentração foliar de nutrientes sobre a produtividade, indicando os de maior relevância.

## **CAPÍTULO 1**

# **PRODUTIVIDADE, ÉPOCA E UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS EM VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SOB ESPAÇAMENTOS ADENSADOS.**

### **1. INTRODUÇÃO**

Vários trabalhos, tanto no Brasil (ALMEIDA et al., 1981, 1983; BARROS et al., 1999; CAMARGO et al., 1979, 1980, 1981, 1983a,b, 1985a,b; MENDES et al., 1996; MIGUEL et al., 1979, 1981, 1983; NACIF, 1997; PÁDUA et al. 1998; SANTINATO et al., 1998; VIANA et al., 1978, 1980, 1984) quanto no exterior (ALEBACHEW e STOCK, 1991; BROWINNING e FISHER, 1976; SNIJDER, 1990) mostram que não há dúvida de que os plantios adensados proporcionam produtividades muito maiores que os convencionais, principalmente nas primeiras colheitas.

Apesar de VIANA et al. (1980) terem verificado no Paraná que, em espaçamentos com menos de 1,50 m<sup>2</sup>/cova, a produtividade da variedade Catuaí Amarelo diminuiu já na primeira colheita, BARROS et al. (1999), na

Zona da Mata-MG, utilizando a variedade Catuaí Vermelho IAC 44, obtiveram aumento de 138% na produtividade média das duas primeiras safras, reduzindo o espaçamento de 2,0 x 0,70 para 1,0 x 0,70 m; considerando a média das três primeiras safras esse aumento reduziu-se para 77%, mesmo assim, a renda líquida no menor espaçamento foi 89% maior; já na média das quatro primeiras safras o aumento da produtividade e da renda líquida foram de 62,5 e 47,6%, respectivamente, indicando que esse incremento na produtividade nos espaçamentos mais adensados tende a diminuir com a idade da lavoura. PÁDUA et al. (1998) obtiveram resultados semelhantes no Sul de Minas.

SANTINATO et al. (1998) estudando várias densidades de plantio em Campinas-SP, constataram que as maiores produtividades e a maior renda líquida, considerando a média das cinco primeiras colheitas, foram conseguidas com espaçamentos de 1,00 x 0,75; 1,00 x 1,00 e 2,00 x 0,50 m, para a variedade Catucaí Vermelho L36/6 e 2,00 x 0,50; 2,00 x 0,75 e 2,00 x 1,00 m para a variedade Icatu Amarelo 2944, indicando comportamento diferenciado entre variedades. FERRONI et al. (1998), avaliando as duas primeiras safras no Sul de Minas Gerais, verificaram que a variedade Catuaí Vermelho IAC 44 foi mais eficiente quando submetida ao adensamento, comparada às variedades Acaiá, Mundo Novo, Bourbon Amarelo, Mundindu, Icatu 2944, evidenciando a maior capacidade produtiva por planta e precocidade de produção da primeira variedade.

Existe também tendência de diminuição da produção por planta à medida que aumenta o adensamento e a idade da lavoura, devido ao aumento da competição entre os indivíduos (BROWNING e FISHER, 1976; CAMARGO



et al., 1981, 1983a, 1985a,b e NACIF, 1997). Esse fato, mais o aumento do auto-sombreamento nos plantios adensados, ameniza a superprodução por planta e, conseqüentemente, a flutuação entre duas colheitas consecutivas (bienalidade) (ALMEIDA et al., 1981 e MIGUEL et al., 1979).

De acordo com as condições climáticas, tais como distribuição de chuvas, nebulosidade, luminosidade e temperatura, de certas regiões produtoras e até mesmo do ano agrícola, o adensamento tende a provocar maturação dos frutos mais desuniforme e tardia (BROWING e FISHER, 1976; CAMARGO et al., 1985, 1992; MIGUEL et al., 1983; MATIELLO, 1995; CORTEZ, 1997; NACIF, 1997), prejudicando a operação de colheita e a qualidade final do produto, ocorrendo, porém, comportamento diferenciado entre variedades (BROWING e FISHER, 1976). Recomenda-se então a diversificação varietal por precocidade de maturação dos frutos na propriedade cafeeira (SERA e GUERREIRO, 1996), e a busca de variedades com melhor uniformidade de maturação.

Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento de diferentes variedades de café em espaçamentos adensados e como esse binômio variedades x espaçamento influi na precocidade de produção, na produtividade, na precocidade e uniformidade de maturação.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Local, clima e solo**

Foi instalado um ensaio, em março/abril de 1996, na Unidade de Difusão de Tecnologia em Café, no município de Ervália, na Zona da Mata de Minas Gerais, localizada nas coordenadas geográficas de 20°50'S e 42°41'W, à altitude de 690m, apresentando clima Cwb, segundo o sistema de Köppen, com temperaturas médias anuais em torno de 18,8°C e precipitação média de 1315 mm, concentrada no período de outubro a março, coincidindo com a época mais quente do ano.

O solo do local do ensaio é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, localizado no terço inferior de uma encosta, com declividade em torno de 15% a 25%. As características químicas originais do solo estão apresentadas no Quadro 1.

### **2.2. Delineamento experimental e tratamentos**

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com seis repetições, sendo cada repetição composta por 24 tratamentos (fatorial 6x4, sendo seis materiais genéticos e quatro espaçamentos entre fileiras). Os materiais genéticos utilizados foram as linhagens de Catuaí Vermelho IAC 44 e IAC 99,

as variedades Rubi MG 1192, Katipó e Oeiras MG 6851 e a progênie de Catimor UFV 3880. Os espaçamentos entre fileiras utilizados foram 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 m.

Apesar de nem todos os materiais genéticos usados nesse ensaio serem considerados variedade, para facilidade de apresentação do trabalho, optou-se por denominar todos como tal.

Quadro 1. Características químicas do solo, antes da instalação do ensaio, em Ervália-MG.\*

Característica	Valores	Interpretação
pH em água (1:2,5)	4,6	acidez elevada
P disponível (mg/dm <sup>3</sup> )	3,0	muito baixo
K disponível (mg/dm <sup>3</sup> )	28,0	Baixo
Ca trocável (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,6	Baixo
Mg trocável (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,3	Baixo
Al trocável (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,8	Médio
Acidez (H+Al) (cmol/dm <sup>3</sup> )	5,6	Alta
CTC pH 7 (T) (cmol/dm <sup>3</sup> )	6,6	media
Saturação de bases (V) (%)	15,0	muito baixa
Saturação por Al (m) (%)	45,0	Média

\*Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. A interpretação foi feita de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Solo de textura média.

### 2.3. Instalação e Condução do ensaio

Foi feita a calagem em área total, conforme o critério da Saturação de Bases, proposto pela CFSEMG (1989), com posterior incorporação do calcário com arado tracionado pelo trator. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 4,50 m de comprimento, espaçadas de 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 m, de

acordo com o tratamento. O espaçamento entre plantas dentro da linha foi fixado em 0,75 m, totalizando 24 plantas por parcela. Foi considerada como área útil da parcela aquela ocupada por quatro plantas competitivas (plantas sem falhas ao seu redor e com bom vigor) entre as oito plantas centrais.

O plantio foi realizado em março/abril de 1996, em covas de 0,30 x 0,30 x 0,40 m e a adubação de plantio constou de uma mistura de 200g de Fosfato Natural de Araxá mais 50 g de Superfosfato Simples por cova. Foi aplicada ainda a quantidade de 2 litros de esterco de curral por cova, superficialmente, 15 dias após o plantio.

As adubações de cobertura foram realizadas conforme a recomendação do MATIELLO, et al. (1994), complementadas com adubações foliares com micronutrientes (Zinco, Boro e Cobre), até a primeira colheita. A partir daí a adubação foi feita por módulos, com base na carga pendente, de acordo com MALAVOLTA (1996).

O controle das plantas invasoras foi feito com capinas manuais.

O controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Ber. & Br.) não foi realizado com fungicidas sistêmicos, uma vez que a fonte de cobre utilizada na calda de pulverização com micronutrientes era o Oxicloreto de Cobre (composição da calda: 0,5% de Sulfato de Zinco; 0,5% de Cloreto de Potássio; 0,5% de Ácido Bórico e 0,5% de Oxicloreto de Cobre).

Quando necessário foi adicionado à calda inseticida para o controle do Bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* Guérin-Mèneville).

## 2.4. Avaliações

Foram avaliados produção por planta, produtividade, época e uniformidade de maturação nas duas primeiras colheitas (1998 e 1999), e produtividade média desse primeiro biênio.

Para avaliação da época e uniformidade de maturação, foi feita a colheita seletiva dos frutos maduros, uma vez por mês, durante os meses de março, abril maio e junho. No primeiro ano (1998) os frutos de cada parcela foram colhidos e secos até a umidade de aproximadamente 12%, sendo então pesados. O valor obtido foi dividido por dois (rendimento de 50%) para que se encontrasse a produção de grãos beneficiados por parcela, obtendo-se a seguir os valores da produção por planta e da produtividade. No segundo ano (1999) o volume de café colhido foi muito superior ao ano anterior, tornado-se inviável a seca separada do café de cada parcela. Mediu-se então o café colhido em litros e dividiu-se o valor pelo fator 6,5 para a transformação de litros de café cereja em Kg de grãos beneficiados por parcela (rendimento de aproximadamente 15%).

A época de maturação foi avaliada usando um índice que foi calculado da seguinte forma:

$IEM = (pmês1 + 2x pmês2 + 3x pmês3 + 4x pmês4)/PT$ , onde

IEM = índice de época de maturação

pmês1 = produção do primeiro mês (março)

pmês2 = produção do segundo mês (abril)

pmês3 = produção do terceiro mês (maio)

pmês4 = produção do quarto mês (junho)

PT = produção total

Desta forma o valor do IEM pode variar de 1 (maturação mais precoce) a 4 (maturação mais tardia).

Porém, esse valor não dá uma idéia exata da época de maturação, já que um tratamento que apresentasse maturação igualmente distribuída nos quatro meses (amadurecimento de 25% dos frutos em cada mês), teria o IEM igual a 2,5, o mesmo valor de um tratamento que apresentasse 50% dos frutos maduros em abril e 50% dos frutos maduros em maio, ou 50% dos frutos maduros em março e 50% dos frutos maduros em junho. Portanto deve-se avaliar essa variável junto com a uniformidade de maturação, para que não se conclua de forma errada.

A uniformidade de maturação foi avaliada segundo o índice calculado da seguinte forma:

$$UM = (>pmês \times 100)/PT, \text{ onde}$$

UM = uniformidade de maturação em %

>pmês = maior produção entre os quatro meses

PT = produção total

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Produção por planta

A análise de variância (Quadro 2), mostrou que já na primeira colheita houve efeito de variedades na produção por planta ( $P < 0,01$ ), enquanto o efeito de espaçamento mostrou-se significativo somente na segunda colheita ( $P < 0,05$ ), não sendo suficiente para apontar significância ( $P > 0,05$ ) para esse fator na produção média. Estes resultados concordam, de certa forma, com os trabalhos de CAMARGO et al. (1979) e VIANA et al. (1978) que não encontraram efeito de espaçamentos na produção por planta aos 28 e 22 meses após o plantio (primeira colheita), respectivamente.

No Quadro 3, é possível verificar que na primeira colheita a produção por planta da variedade Oeiras MG 6851 foi 63,9% superior à da Catimor UFV 3880. A produção por planta da primeira variedade foi, em média, 33,3% superior às das variedades Rubi MG 1192, Catuaí Vermelho IAC 99 e Katipó, que não diferiram significativamente entre si ( $P > 0,05$ ). A Catuaí Vermelho IAC 44 foi cerca de 48,9% superior à Catimor UFV 3880, não diferindo significativamente ( $P > 0,05$ ) de nenhuma das outras variedades.

Na segunda colheita as variedades Katipó, Oeiras MG 6851, Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 44, não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si, porém foram,

em média, 26,7% superiores às variedades Catuaí Vermelho IAC 99 e Catimor UFV 3880, que também não diferiram entre si ( $P>0,05$ ).

Quadro 2. Análise de variância dos dados de produção por planta das duas primeiras colheitas (1998 e 1999) e da média do primeiro biênio.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		1998	1999	Média
Blocos	5	4111,15	34931,43	8331,42
Variedades	5	3991,16**	30635,40**	11791,12**
Espaçamentos	3	746,60	17227,74*	5587,90
Variedades x Espaçamentos	15	752,01	9937,75	2131,43
Resíduo	115	1029,40	6014,32	2321,41
CV %		42,19	26,76	26,34

\*e\*\* - Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 3. Produção de café beneficiado por planta (g), de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), nas duas primeiras colheitas (1998 e 1999) e produção média do primeiro biênio, em Ervália-MG.\*

Variedades	Produção por planta (g)		
	1998	1999	média
Catuaí Vermelho IAC 44	84,0 ab	301,8 a	192,9 a
Catuaí Vermelho IAC 99	72,2 bc	254,8 b	163,5 bc
Katipó	69,5 bc	329,8 a	199,6 a
Rubi MG 1192	75,4 bc	303,5 a	189,5 ab
Oeiras MG 6851	96,4 a	311,6 a	204,0 a
Catimor UFV 3880	58,8 c	267,4 b	148,1 c
CV%	42,19	26,76	26,34

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando-se a média do biênio, verifica-se que a média das variedades Oeiras MG 6851, Katipó e Catuaí Vermelho IAC 44 foi cerca de 27,6% superior a das variedades Catuaí Vermelho IAC 99 e Catimor UFV 3880. A variedade Rubi MG 1192 foi 27,9% superior à variedade Catimor UFV 3880, não diferindo ( $P>0,05$ ) de nenhuma outra variedade.



Embora a análise de variância (Quadro 2) aponte a não significância da interação Variedades x Espaçamento ( $P > 0,05$ ), optou-se por estudar o efeito de espaçamentos ajustando uma equação de regressão para cada variedade (Figura 1), uma vez que a significância de uma das 24 interações possíveis pode estar diluída pela não significância das outras 23 interações.

Pela Figura 1 nota-se que a produção por planta das variedades teve resposta diferenciada em relação ao adensamento, concordando com os trabalhos de BROWING e FISHER, 1976, SANTINATO et al., 1998 e FERRONI et al., 1998 que também encontraram diferença entre variedades na resposta ao aumento de produção quando submetidas ao adensamento. As linhagens de Catuaí não sofreram influência do espaçamento ( $P > 0,05$ ). As outras variedades tiveram tendência de aumento da produção por planta com o adensamento contrariando os relatos de CAMARGO et al. (1983b) e NACIF (1997), que afirmaram que devido ao aumento da competição entre plantas, o adensamento provocaria menor produção já nas duas primeiras colheitas. Nesse ensaio, parece não ter ocorrido aumento da competição entre plantas nos menores espaçamentos, e o auto-sombreamento que segundo relatos de ALMEIDA et al., 1981 e MIGUEL et al., 1979 diminuiria a produção por planta (evitaria a superprodução que acontece nos plantios convencionais), na maioria das variedades, parece ter proporcionado condições microclimáticas que favoreceram-na. CAMARGO et al. (1984) verificou que as temperaturas do solo diminuiriam consideravelmente com o adensamento, principalmente nos meses quentes e secos, o que tornaria o microclima mais favorável ao desenvolvimento do cafeeiro, justificando de certa forma o trabalho de CAMARGO et al. (1980), no qual é relatado que aos 3,5 anos (2º ano de

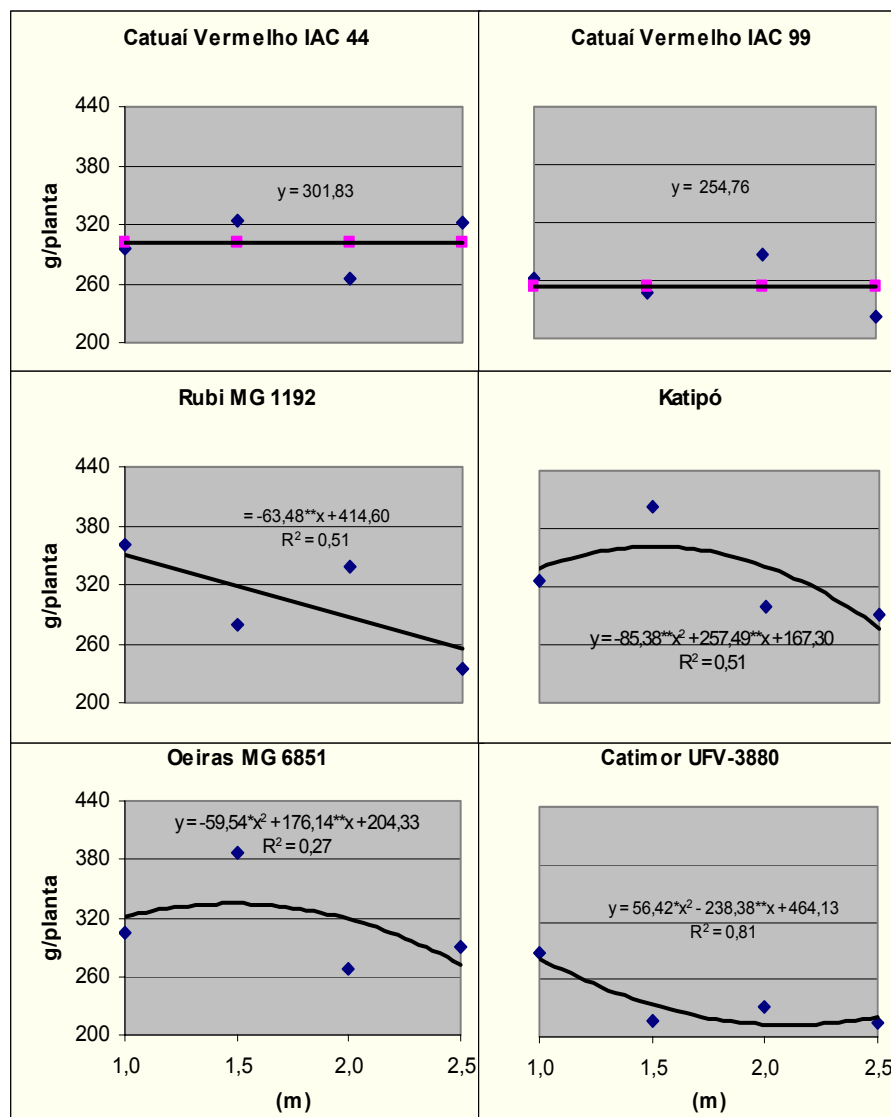


Figura 1. Produção (g de café beneficiado / planta) de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em função do espaçamento entre fileiras, na segunda colheita (1999), em Ervália-MG.

produção) o estado vegetativo nos espaçamentos menores, apresentou-se visivelmente melhor que nos mais largos e que em Venda Nova – ES (CAMARGO et al., 1981) a produção por planta aumentou com o alargamento dos espaçamentos até 3,5 m entre fileiras; a partir deste, começou a decrescer devido à falta de “proteção mútua”. No presente estudo parece que esse fato já aconteceu a partir do espaçamento de 1,0 m para as variedades Rubi MG 1192 e Catimor UFV 3880; já para as variedades Katipó e Oeiras MG 6851, o espaçamento que proporcionou a produção por planta máxima ficou próximo a 1,5 m, indicando que no espaçamento de 1,0 m já poderia estar iniciando-se um processo de competição.

### **3.2. Produtividade**

Segundo a análise de variância (Quadro 4), houve efeito significativo tanto de variedade quanto de espaçamento ( $P < 0,01$ ), já na primeira colheita, o que era de se esperar, uma vez que não houve competição entre plantas devido à diferença de densidade de plantio; conseqüentemente, a produtividade aumentaria de forma diretamente proporcional ao número de plantas por área, segundo trabalhos de VIANA et al. (1978) e CAMARGO et al. (1979).

Apesar da interação Variedades x Espaçamentos não ter sido significativa, optou-se por estudar o efeito de variedades dentro de cada espaçamento, já que o adensamento intensifica as diferenças na produtividade entre as variedades provocada pela diferença na produção por plantas (Quadro 5).

Quadro 4. Análise de variância dos dados de produtividade das duas primeiras colheitas (1998 e 1999) e da média do primeiro biênio.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		1998	1999	Média
Blocos	5	91,7321	891,2148	292,1673
Variedades	5	78,9606**	615,2899**	218,4500**
Espaçamentos	3	478,4844**	13826,24**	4863,932**
Variedades x Espaçamentos	15	18,8290	220,1316	54,6200
Resíduo	115	21,5097	133,3304	46,8218
CV%		43,56	27,43	25,95

\*e\*\* - Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Pode-se verificar que, na primeira colheita (1998), no espaçamento mais adensado (1,0 m), a produtividade da variedade Oeiras MG 6851 não diferiu da Catuaí Vermelho IAC 99, porém foi cerca de 57,6% maior que a média das variedades Catuaí Vermelho IAC 44, Rubi MG 1192, Katipó e Catimor 3880. Em relação aos outros espaçamentos, houve diferença apenas entre a variedades Oeiras 6851 e a Catimor UFV 3880 no espaçamento de 2,0 m, no qual a primeira variedade produziu o dobro da segunda, apesar de ambas não diferirem significativamente de nenhuma das outras variedades.

Na segunda colheita, já houve diferença entre variedades nos dois espaçamentos mais adensados (1,0 e 1,5 m). No espaçamento de 1,0 m a variedade mais produtiva foi a Rubi MG 1192, sendo cerca de 30,0% superior à média das linhagens de Catuaí e da Catimor UFV 3880, mas não diferindo da Katipó e da Oeiras MG 6851. No espaçamento de 1,5 m a média das variedades Katipó e Oeiras MG 6851 foi cerca de 59,1% superior a média das variedades Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192 e Catimor 3880 e não diferiu da Catuaí Vermelho IAC 44.

Em relação à produtividade média das duas colheitas, no menor espaçamento (1,0 m) houve diferença apenas entre a produtividade da Rubi

Quadro 5. Produtividade em sacas de café beneficiado por ha, de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), nas duas primeiras colheitas (1998 e 1999) e produtividade média do primeiro biênio, em quatro espaçamentos, em Ervália-MG.

Variedade \ Espaçamento	Produtividade (sc/ha)											
	1998				1999				Média			
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Catuaí Vermelho IAC 44	15,7 b	13,8 a	8,0 ab	8,9 a	65,7 bc	47,9 ab	29,5 a	28,7 a	40,7 ab	30,9 ab	18,8 a	18,8 a
Catuaí Vermelho IAC 99	16,7 ab	11,3 a	7,8 ab	6,0 a	58,1 c	36,7 bc	31,8 a	19,9 a	37,4 b	24,0 bc	19,8 a	12,9 a
Rubi MG 1192	14,9 b	10,5 a	8,3 ab	7,9 a	80,1 a	41,4 bc	37,7 a	20,9 a	47,5 a	25,9 bc	23,0 a	14,4 a
Katipó	10,9 b	11,9 a	8,3 ab	6,6 a	72,4 ab	59,6 a	33,3 a	25,9 a	41,6 ab	35,8 a	20,8 a	16,2 a
Oeiras MG 6851	21,4 a	12,1 a	13,1 a	8,1 a	67,5 abc	57,2 a	29,7 a	25,7 a	44,5 ab	34,6 a	21,4 a	16,9 a
Catimor UFV 3880	12,8 b	9,0 a	6,5 b	5,1 a	64,0 bc	32,0 c	25,6 a	19,1 a	38,4 b	20,5 c	16,1 a	12,1 a
CV %	43,56				27,43				25,95			

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

MG 1192 e das variedades Catuaí Vermelho IAC 99 e Catimor UFV 3880 (30,5%). Já no espaçamento de 1,5 m a média das variedades Katipó e Oeiras MG 6851 foi 41,9% superior à média das variedades Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192 e Catimor UFV 3880. Nos espaçamentos mais largos (2,0 e 2,5 m) não houve diferença na produtividade das variedades.

Para avaliar o efeito de espaçamento, preferiu-se estimar uma equação de regressão para cada variedade, apesar da interação não ser significativa ( $P > 0,05$ ), pelo motivo já exposto (Figuras 2, 3 e 4).

Na primeira colheita (Figura 2), verifica-se que os maiores coeficientes angulares (em valor absoluto) foram os das variedades Oeiras MG 6851 e Catuaí Vermelho IAC 99 (7,828 e 7,164) indicando maior resposta ao adensamento (3,75 sacas/ha em média, para cada 0,5 m de adensamento na fileira). Já o menor coeficiente foi o da Katipó (3,307) promovendo um aumento de apenas 1,65 saca/ha para cada 0,5 m de adensamento.

Na segunda colheita (Figura 3), as maiores produtividades no menor espaçamento para as variedades Rubi MG 1192 e Catimor UFV 3880, além de serem provocadas pelo aumento do estande, tiveram também o efeito da maior produção por planta nesses tratamentos, proporcionando incremento mais acentuado da produtividade (média de 96,8%, representando um aumento de 35,4 sacas/ha) quando se reduziu a distância entre fileiras de 1,5 para 1,0 m, quando comparados aos aumentos proporcionados pela redução do espaçamento de 2,5 para 2,0 e de 2,0 para 1,5 m, fazendo com que a curva de regressão assumisse uma tendência quadrática. Para as demais variedades, a produtividade aumentou linearmente, à medida que se diminuiu a distância entre fileiras (média de 14,2 sacas/ha para cada 0,5 m de redução no

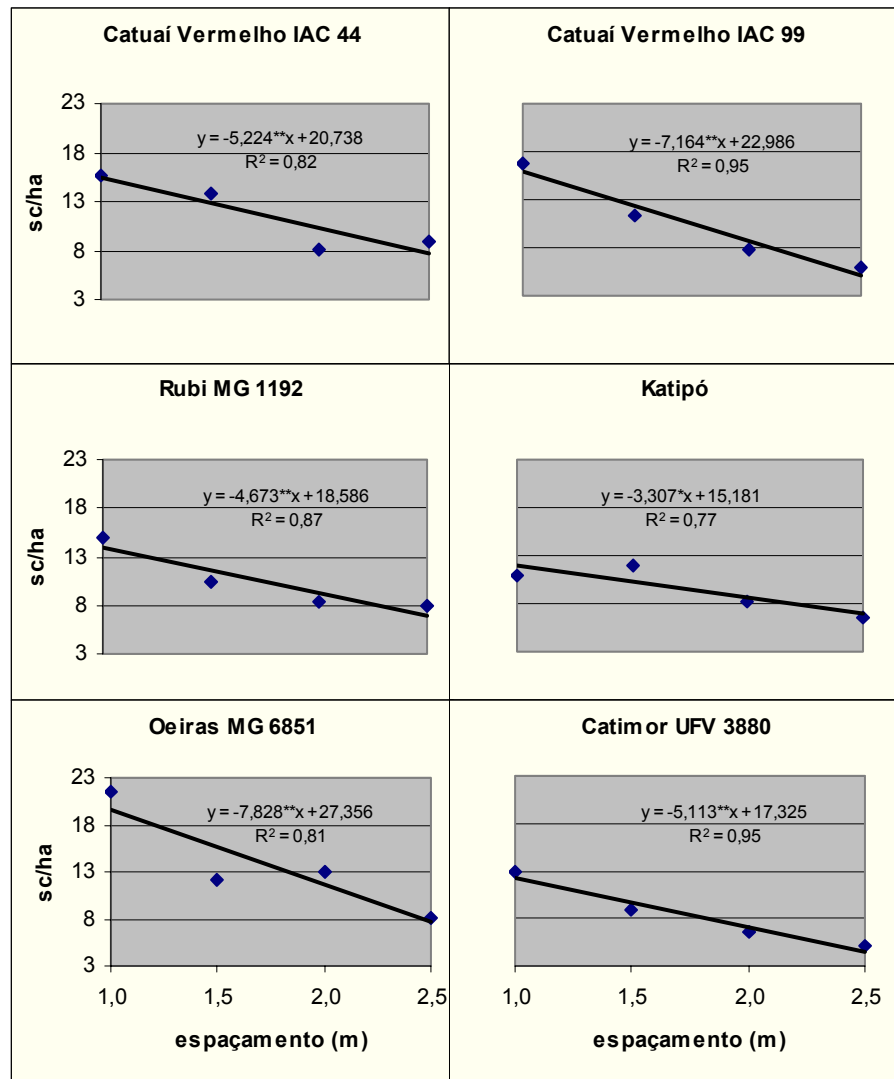


Figura 2. Produtividade da primeira colheita (1998) em sacas de café beneficiado por ha, em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

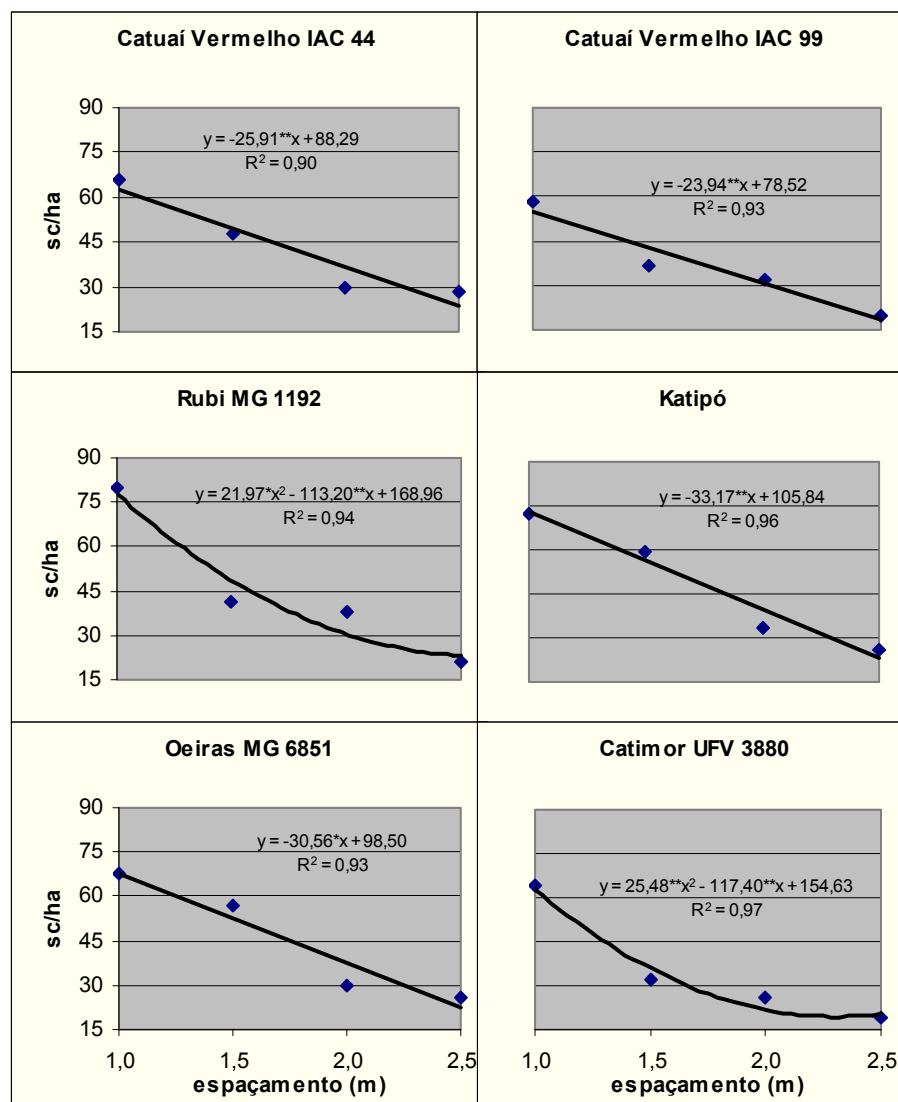


Figura 3. Produtividade da segunda colheita (1999) em sacas de café beneficiado por ha de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em função de espaçamentos entre fileiras em Ervália-MG.



espaçamento).

O efeito de espaçamentos dentro de cada variedade em relação a produtividade média do biênio foi equivalente ao da segunda colheita devido à última ser bem mais representativa que a primeira. As curvas de regressão foram semelhantes às da última colheita, porém com produtividades menores (Figura 4). As variedades Rubi MG 1192 e Catimor UFV 3880 tiveram um incremento de 85,3% quando se diminuiu o espaçamento de 1,5 para 1,0 m. As demais variedades aumentaram linearmente a produtividade do biênio a medida que ocorreu o adensamento (cerca de 8,6 sacas/ha para cada 0,5 m).

Esses resultados discordam do trabalho de CAMARGO et al. (1981), no qual se concluiu que espaçamentos que resultassem área inferior a 1,0 m<sup>2</sup> por cova, provocariam uma redução na produção por planta que não compensaria o aumento da população, reduzindo também a produção por área. No presente estudo o espaçamento de 1,00 x 0,75 m (0,75 m<sup>2</sup> por cova), não provocou diminuição na produção por planta, indicando a possibilidade de se adensar ainda mais, para atingir produtividades ainda maiores.

### **2.3. Época e Uniformidade de Maturação**

Segundo a análise de variância (Quadro 6) os efeitos sobre a época de maturação foram mais relevantes na primeira colheita, já que houve efeito (P<0,01) tanto de variedades quanto de espaçamentos sobre a época de maturação nesse ano, enquanto que em 1999 só houve efeito (P<0,01) de variedades. Quanto à uniformidade de maturação, houve efeito de variedades (P<0,05) na primeira colheita (1998) e de espaçamentos na segunda (1999).

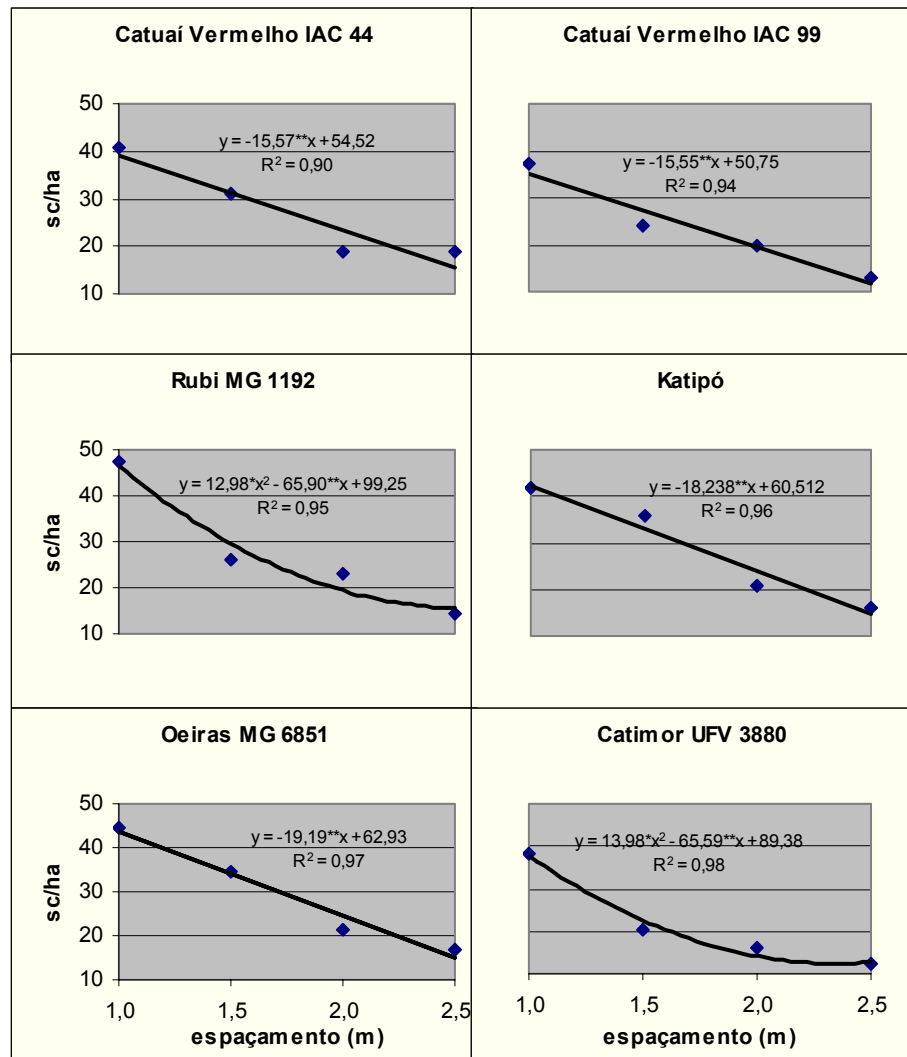


Figura 4. Produtividade média das duas primeiras colheitas em sacas de café beneficiado por ha de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em função de espaçamentos entre fileiras em Ervália-MG.

No Quadro 7 verifica-se que as variedades mais precoces nos dois anos foram as variedades Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880, com maturação concentrada entre os meses de abril e maio em 1998 e entre maio e junho em 1999. As mais tardias foram as linhagens de Catuaí em 1998 e a Rubi MG 1192, seguidas por Catuaí Vermelho IAC 44 e Katipó no ano seguinte. Nesse segundo ano todas as variedades tiveram a maturação concentrada entre os meses de maio e junho.

Quadro 6. Análise de variância dos dados de época e uniformidade de maturação dos frutos, das duas primeiras colheitas de café (1998 e 1999).

Fontes de Variação	GL	QM Época		QM Uniformidade	
		1998	1999	1998	1999
Blocos	5	1,55729	0,08801	481,062	186,620
Variedades	5	1,19570**	0,24867**	625,067*	143,651
Espaçamentos	3	0,76538**	0,05823	311,695	274,404*
Variedades X Espaçamentos	19	0,29993	0,02525	283,850	56,606
Resíduo	115	0,17716	0,02922	252,179	74,547
CV %		15,69	5,10	23,11	13,88

\*e\*\* - Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 7. Época e uniformidade de maturação (%), de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), nas duas primeiras colheitas (1998 e 1999).\*

Fontes de variação	Época**		Uniformidade (%)	
	1998	1999	1998	1999
Catuaí Vermelho IAC 44	3,01 a	3,40 ab	75,12 a	60,65 b
Catuaí Vermelho IAC 99	2,89 ab	3,34 bc	69,68 abc	59,34 b
Rubi MG 1192	2,67 bc	3,49 a	69,79 abc	62,12 ab
Katipó	2,64 bcd	3,40 ab	71,91 ab	63,37 ab
Catimor UFV-2983	2,42 cd	3,21 d	61,35 c	66,40 a
Catimor UFV-3880	2,47 d	3,27 cd	64,02 bc	59,38 b
CV%	15,69	5,10	23,11	13,88

\*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan,

\*\*Época de maturação: 1- março; 2-abril; 3-maio; 4-junho.

Na primeira colheita, houve uma tendência de retardamento da maturação dos frutos com o adensamento para as variedades Catuaí Vermelho IAC 44, Katipó e Catimor UFV 3880 (Figura 5), concordando com os relatos de BROWING e FISHER (1976), CAMARGO et al. (1985a, 1992); MIGUEL et al. (1983), MATIELLO (1995), CORTEZ (1997) e NACIF (1997). Apesar das diferenças nas condições microclimáticas que poderiam influenciar essa variável (luminosidade, temperatura, umidade, ventilação) tornarem-se mais acentuadas entre os espaçamentos na segunda colheita, dado ao fechamento diferenciado da lavoura, não houve retardamento da maturação nessa época para nenhuma das variedades com o adensamento, o que indica que a complexidade dos fatores envolvidos desde a indução floral até a maturação dos frutos (RENA e MAESTRI, 1986) dificulta a interpretação desses dados.

As variedades com maior uniformidade de maturação em 1998 foram a Catuaí Vermelho IAC 44 (75,12%) seguidas pela Katipó, Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 99. As mais desuniformes foram as variedades Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880 com média de 62,7% de uniformidade de maturação (Quadro 7).

No ano de 1999, apesar da análise de variância (Quadro 6) não acusar diferença significativa para uniformidade de maturação entre as variedades ( $P > 0,05$ ), o teste Duncan, pelo seu maior poder de discriminação, apontou diferença entre a Oeiras MG 6851 (66,40 %), que foi a mais uniforme, e as linhagens de Catuaí e a Catimor UFV 3880 (média de 59,80%). Fica clara a dificuldade de interpretação desses dados pela inconsistência dessa variável de um ano para o outro: a variedade Oeiras MG 6851, que foi a mais desuniforme no ano de 1998 foi a mais uniforme no ano seguinte, ocorrendo o

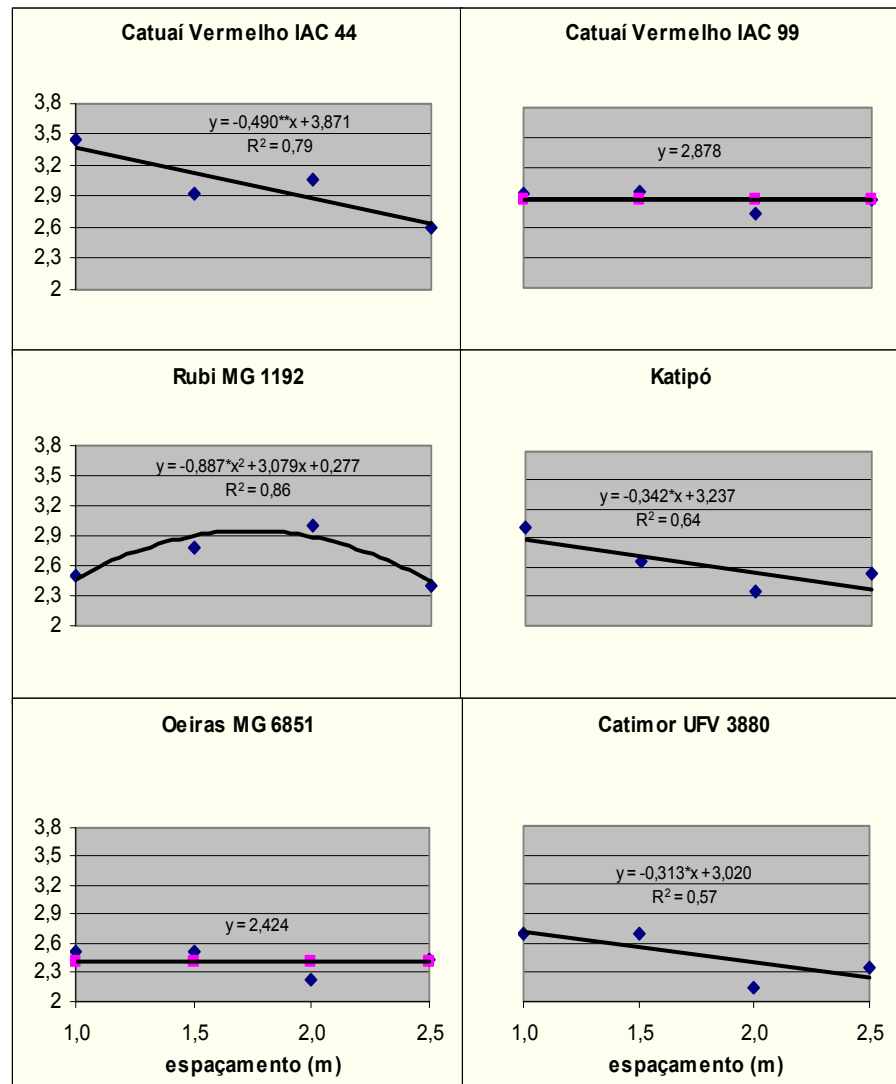


Figura 5. Época de maturação dos frutos de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em função do espaçamento entre fileiras, na primeira colheita (1998), em Ervália–MG. Escala: 1- maturação em março, 2- maturação em abril, 3- maturação em maio, 4 maturação em junho.

contrário com a variedade Catuaí Vermelho IAC 44.

A uniformidade de maturação na segunda colheita foi maior nos espaçamentos mais estreitos (Figura 6), contrariando a literatura (BROWING e FISHER, 1976; CAMARGO et al., 1985a, 1992; MIGUEL et al., 1983; MATIELLO, 1995; CORTEZ, 1997; NACIF, 1997), que afirma que o adensamento prejudica essa variável. Porém, nesse ano, provavelmente devido ao maior grau de insolação nos espaçamentos mais largos, houve um certo grau de incidência de Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk et Coke) nestes espaçamentos, provocando a maturação forçada dos frutos, prejudicando consideravelmente a sua uniformidade.

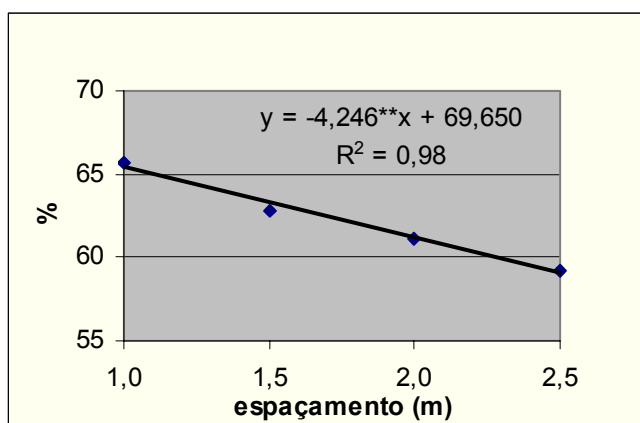


Figura 6. Uniformidade de maturação dos frutos de café (*Coffea arabica* L.), em função dos espaçamentos entre fileiras, na segunda colheita (1999), em Ervália (% máxima de frutos maduros colhidos em um único mês).

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de verificar o efeito de espaçamento entre fileiras sobre seis variedades de café, foi conduzido um ensaio, de março/abril de 1996 a agosto de 1999, em Ervália-MG.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e o esquema fatorial 4 x 6, sendo 4 espaçamentos entre fileiras (1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 m) e seis variedades (Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880). As parcelas constaram de 4 fileiras de 4,5 m de comprimento, espaçadas de acordo com o tratamento. O espaçamento dentro da linha foi constante (0,75m), totalizando 24 plantas por parcela, sendo considerada a área útil a correspondente a 4 plantas centrais competitivas.

Foram avaliados nas duas primeiras safras (1998 e 1999) produção por planta, produtividade, colhendo-se apenas os frutos maduros para a avaliação da época e uniformidade de maturação, além da produtividade média do biênio.

A produção por planta das variedade Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880 na segunda safra aumentou com o adensamento.

Na primeira safra, houve diferença na produtividade entre variedades no espaçamento mais adensado (1,0 m) sendo que a variedade Oeiras MG 6851 não diferiu da Catuaí Vermelho IAC 99 e produziu cerca de 57,5% a mais que

as demais variedades. Essas variedades citadas foram as que melhor responderam ao adensamento com aumento de produtividade de cerca de 3,7 sacas/ha por 0,5 m de adensamento.

Na segunda colheita já houve diferença entre variedades nos dois espaçamentos mais adensados (1,0 e 1,5 m). No espaçamento de 1,0 m a variedade mais produtiva foi a Rubi MG 1192, sendo cerca de 30,0% superior a média das linhagens de Catuaí e da Catimor UFV 3880, não diferindo porém das demais variedades. No espaçamento de 1,5 m a média das variedades Katipó e Oeiras MG 6851 não diferiu da Catuaí Vermelho IAC 44, porém foram cerca de 59,1% superior a média das demais variedades. As variedades Rubi MG 1192 e Catimor UFV 3880 aumentaram a produtividade em cerca de 97% (35,4 sacas/ha) quando se reduziu a distância entre fileiras de 1,5 para 1,0 m, enquanto para as demais variedades houve um aumento linear (14,2 sacas/ha por 0,5 m de adensamento).

Considerando as duas colheitas, as variedades mais precoces foram a Oeiras MG 6851 e a Catimor UFV 3880 e a mais tardia foi a Catuaí Vermelho IAC 44.

A uniformidade de maturação aumentou com o adensamento de um modo geral para todas as variedades, na segunda colheita. A ordenação das variedades em relação à uniformidade de maturação (mais uniforme para a menos uniforme) variou muito entre as duas colheitas, indicando a complexidade e dificuldade de avaliação dessa característica.

Com esses resultados pode-se concluir que:

Não há aumento da competição entre plantas provocada pelo adensamento, suficiente para reduzir a produção por plantas, indicando a



possibilidade de se utilizar espaçamentos inferiores a 1,00 x 0,75 m para atingir maiores produtividades nas duas primeiras colheitas, independentemente da variedade utilizada.

Considerando-se a produtividade média do primeiro biênio, a variedade mais indicada para o plantio no espaçamento de 1,0 m entre fileiras é a Rubi MG 1192, podendo optar-se também pela Oeiras MG 6851, ou pela Katipó ou pela Catuaí Vermelho 44; já para o espaçamento de 1,5 m as variedades mais indicadas são a Katipó e a Oeiras MG 6851 podendo optar-se também pela Catuaí Vermelho IAC 44.

Nos espaçamentos mais largos (2,0 e 2,5 m) pode-se optar pelo plantio de qualquer uma das variedades desse ensaio, considerando-se apenas as duas primeiras colheitas.

Com variedades deste ensaio (Oeiras MG 6851, Rubi MG 1192, Katipó e Catuaí Vermelho IAC 44) pode-se tentar realizar um programa de diversificação varietal para precocidade de maturação, para possibilitar o escalonamento da colheita em plantios adensados, na região da Zona da Mata, sem comprometer os níveis de produtividade e a qualidade do café produzido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEBACHEW, P., STORCK, H. An economic evaluation of the relative profitability of spacing for coffee plantations. **Acta-Hortic**, v.270, p.127-134, 1991.
- ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B., MIGUEL, A.E. Estudos de diversas modalidades de plantio concentrado em relação ao plantio tradicional do cafeeiro cultivar Mundo Novo, no sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9, 1981, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.321-324.
- ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B., MIGUEL, A.E. Estudos de diversas modalidades de plantio concentrado em relação ao plantio tradicional do cafeeiro cultivar Mundo Novo, no sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.308-310.
- ANUÁRIO estatístico do café. Rio de Janeiro: Coffee business, 1999/2000. v.5.
- BARROS, U.V., BARBOSA, C.M., MATIELLO, J.B., SANTINATO, R. Espaçamentos super adensado, adensado e largo em renque para o cafeeiro nas condições de solo LVH na Zona da Mata de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, 1999, Franca-SP. **Resumo dos trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.183-185.
- BARTHOLO, G.F., MELO, B., MENDES, A.N.G. Evolução da adoção de espaçamentos na cultura do café. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.49-60, 1998.
- BROWING, G., FISHER, N.M. High density coffee: yield results for the first cycle from systematic plant spacing designs. **Kenya Coffee**, v.41, n.483, p.209-218, 1976.
- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B. Ensaio de espaçamentos progressivos de café - delineamento e resultados da primeira colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, 1979, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p.11-15.

- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B. Ensaio de espaçamentos progressivos de café em Varginha, MG: resultados das duas primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8, 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.21-24.
- CAMARGO, A.P., JABOR, J.F., PAULINO, A.J., BRAGANÇA, J.B. Produção de café, por cova e por área, nas duas primeiras colheitas de ensaio de espaçamentos duplamente progressivos em Venda Nova–E.S. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9, 1981, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.325-328.
- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B. Ensaio de espaçamentos progressivos de café em Varginha, MG: resultados das cinco primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983a. p.246-249.
- CAMARGO, A.P., REIS, G.N., MATIELLO, J.B. Produção de café nas duas primeiras colheitas em ensaio de espaçamentos progressivos aritmeticamente entre linhas, com diferentes distâncias entre covas, em Vitória da Conquista -BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983b. p.232-235.
- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., COSTA, P.C. Temperatura do solo e do ar em espaçamentos adensados e largos em cafezal, em Varginha (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p.52-59.
- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., MIGUEL, A.E., MATIELLO, J.B. Ensaio de espaçamentos progressivos de café em Varginha, MG: resultados das sete primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985a. p.36-37.
- CAMARGO, A.P., REIS, G.N., MATIELLO, J.B. Produção de café até o sexto ano em ensaio de espaçamentos progressivos aritmeticamente entre linhas, com diferentes distâncias entre covas, em Vitória da Conquista-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985b. p.38-39.
- CAMARGO, A.P.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J.G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de arábica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 18, 1992, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1992. p.70-74.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes e Minas Gerais: 4ª aproximação.** Lavras, 1989. 176p.
- CORTEZ, J.G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.27-31, 1997.

- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, **Diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1996, 52p.
- FERRONI, J.B.; ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B.; MIGUEL, A.E. Interação entre variedades de café e espaçamentos de rua e de linha, no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas-MG. **Resumos dos trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.316-317.
- MALAVOLTA, E. Fertilização do cafeeiro sob alta densidade de plantio. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.107-128.
- MATIELLO, J.B., SANTINATO, R., MIGUEL, A.E., PAULINO, A.J., PAULINI, A.E., STEVANATO, S.G., BRAGANÇA, J.B., BARROS, U.V., AMARAL, A.S., RUSSO, A.F. **A moderna cafeicultura de montanha**. Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. 22p.
- MATIELLO, J.B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna: tecnologias de plantio, renque mecanizado, arborização e recuperação de cafezais**. Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1995. 102p.
- MENDES, A.N.G., GUIMARÃES, P.T.G., MELLE, C.C.A., BARTHOLO, G.F. Estudo do espaçamento entre e dentro de fileiras para as cultivares “Catuaí” e “Mundo Novo” de *Coffea arabica* L. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.300-301.
- MIGUEL, R.E., PAULINO, A.J., MATIELLO, J.B., BRAGANÇA, J.B. Comparação entre sistemas de plantio condensado e o tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 7, 1979, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p.167-170.
- MIGUEL, R.E., PAULINO, A.J., MATIELLO, J.B., JABOR, J.F., BRAGANÇA, J.B. Comparação entre sistemas de plantio condensado e o tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 9, 1981, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.360-363.
- MIGUEL, R.E., PAULINO, A.J., MATIELLO, J.B., JABOR, J.F., BRAGANÇA, J.B. Comparação entre sistemas de plantio condensado e o tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.204-206.
- NACIF, A.P. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) c.v. Catuaí, sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes no Cerrado de Patrocínio-MG**. Viçosa-MG: UFV, 1997. 124p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- PÁDUA, T de S., REIS, A.J. dos, REIS, R.P. Espaçamento econômico na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.): um estudo no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas-MG. **Resumos dos trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.229-231.

- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E. ROCHA, M. e YAMADA, T. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.14-85.
- SANTINATO, R., MATIELLO, J.B., SILVA, V.A., CARVALHO, R. Espaçamentos (hiper, super e adensado) na rua e na linha de plantio para cafeeiros resistentes a ferrugem, variedades Icatu 2944 e Catucaí - Produções até a 5ª safra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas-MG. **Resumos dos trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.311-313.
- SERA, T., GUERREIRO, A. Diversificação varietal por maturação para obtenção de café de qualidade a menor custo em plantio adensado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.291-292.
- SNIJDER, B. Plant spacing for *Coffea arabica* L. in South Africa. **Acta-Hortic.**, v.275, p.189-192, 1990.
- VIANA, A.S., CAMARGO, A.P., DIAS, H.S. Efeito de espaçamentos progressivos na produção de café por cova e por área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6, 1978, Ribeirão Preto. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1978. p.10-12.
- VIANA, A.S., CAMARGO, A.P., DIAS, H.S. Efeito de espaçamentos progressivos na produção de café por cova e por área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, 1980, Campo do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.72-77.
- VIANA, A.S., CAMARGO, A.P., DIAS, H.S. Efeito de espaçamentos progressivos na produção de café por cova e por área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p.171-173.

## **CAPÍTULO 2**

### **CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUÇÃO EM ESPAÇAMENTOS ADENSADOS.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Sob cultivos adensados, a cultura do cafeeiro desenvolve dossel com estrutura na qual a maioria das folhas recebe sombra moderada e a radiação e a carga calorífica que atingem a plantação se distribuem sobre grande área de folhas (BARROS et al., 1995 e JAMILLO, 1996). Dessa forma as temperaturas foliares nos plantios adensados não atingem valores tão elevados quanto nos plantios tradicionais, com populações que variam de 1.000 a 2.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, onde os cafeeiros cobrem menos que 50% da superfície do solo e tanto a produção fotossintética total, quanto a produtividade de grãos ficam muito aquém do seu valor potencial (CANNELL, 1976).

RENA e MAESTRI (1986) relatam que, em estudos realizados por diversos autores, as taxas fotossintéticas do cafeeiro variam desde 0,7, em

condições de campo, até 16,0 mg de CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, em condições controladas. Essas taxas, quando comparadas às das outras plantas cultivadas são muito baixas. Vários fatores, tanto ambientais como fisiológicos, concorrem para essa ineficiência do aproveitamento da energia luminosa para assimilação do CO<sub>2</sub> pelo cafeeiro. Num âmbito mais geral LARCHER (1986) afirma que, entre as plantas vasculares, a eficiência fotossintética das herbáceas supera a das lenhosas e as formas adaptadas à sombra conseguem apenas de um terço a metade da utilização de carbono das plantas de sol. Sendo o café uma planta lenhosa e, originalmente, de sombra, ficam, de certa forma, justificadas essas baixas taxas fotossintéticas.

As taxas fotossintéticas são extremamente sensíveis às temperaturas elevadas que podem influenciar tanto a resistência estomática (ALVES et al., 1985; NUNES, 1988; MOTA, 1988 e AMARAL, 1991) quanto a resistência mesofílica (Nunes et al., 1968, citados por RENA e MAESTRI, 1986; KUMAR E TIESZEN, 1980), além de aumentar a fotorrespiração (Alvin, 1958a; Butler, 1977 e Cannell, 1971c, todos citados por RENA e MAESTRI, 1986). RENA et al. (1983) ainda afirmam que nas temperaturas acima de 30°C existem grandes diferenças nas taxas de fotossíntese líquida no germoplasma de café.

Nos plantios adensados, ocorrem também variações morfológicas e bioquímicas nas folhas que aumentam a eficiência do aparelho fotossintético do cafeeiro. AKUNDA et al. (1979) observaram menor desenvolvimento cuticular nas folhas dos plantios adensados, o que indica aumento da eficiência de utilização da energia luminosa. A área das folhas aumentou com a diminuição do espaçamento, favorecendo a utilização da luz. O peso e o volume foliares específicos, a densidade e matéria seca das folhas

diminuíram, revelando uma lâmina foliar mais delgada e porosa, o que está associado à maior taxa de difusão de gases.

Os mesmos autores ainda verificaram uma pequena redução no teor das clorofilas totais nas folhas de cafeeiros adensados, mas o teor de clorofila b aumentou e, conseqüentemente, a razão clorofila a/b diminuiu. TAIZ e ZIEGER (1991) relatam que a clorofila b é a principal coletora de luz do fotossistema II e o seu teor pode ser considerado uma medida de eficiência do aparelho fotossintetizante, indicando adaptação favorável nos plantios adensados.

VALÊNCIA (1974) estimou que o índice de área foliar ótimo para a variedade “Caturra” está próximo de oito, o qual pode ser alcançado aos três anos de idade, com 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, ou aos quatro anos, com 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, nas condições de Chinchiná, na Colômbia. Já ARCILA e CHAVES (1995) não encontraram diferenças entre os índices de área foliar nas populações de 5.000 e 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, que também ficou em torno de oito, aos três anos de idade, sob as mesmas condições, porém com a variedade “Colômbia”.

Os dados mencionados foram confirmados pelo trabalho de KUMAR (1978) que fez análise detalhada da distribuição da luz em diferentes densidades de plantio e concluiu que mesmo as folhas mais baixas das plantas numa população de 9000 árvores.ha<sup>-1</sup>, receberam radiação fotossinteticamente ativa superior a 300  $\mu\text{E}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  a qual é muito próxima da intensidade ótima de luz para a fotossíntese do cafeeiro (KUMAR e TIESZEN, 1980).

Para a variedade Catuaí Vermelho IAC 44, numa população de 7619 plantas.ha<sup>-1</sup> (1,75 x 0,75m), BARROS et al. (1997) encontraram índice de área foliar (IAF) de 4,19 e 7,71 aos três e quatro anos de idade,



respectivamente, num ensaio instalado no mês de dezembro, nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais.

Já em estudos realizados por Cortés e Simon, 1993, citados por ANDROCIOLI FILHO (1996), em Cuba, com a variedade Caturra, o IAF ótimo ficou próximo a vinte, alcançado com 25.000 plantas.ha<sup>-1</sup> aos quatro anos de idade.

O auto-sombreamento provocado pelo adensamento altera o equilíbrio hormonal entre auxinas, giberelinas e citocininas, estimulando o crescimento do meristema apical (TAIZ e ZIEGER, 1991), fato confirmado por NACIF (1997) que verificou que nas condições de Patrocínio-MG, plantas de café de 2,5 anos de idade da variedade Catuaí Vermelho IAC 44 apresentaram aumento de cerca de 3,0 cm na altura da haste ortotrópica principal, a cada redução de 0,75 m no espaçamento entre fileiras (3,00; 2,25 e 1,50 m), quando se adotou o espaçamento entre plantas de 1,00 m. Aos 4,5 anos esse incremento já era de cerca de 9,0 cm. RENA et al. (1998) afirma que esse aumento na altura é devido ao alongamento do entrenó e não ao aumento do número destes.

NACIF (1997) verificou que o diâmetro máximo da copa e o número de ramos plagiotrópicos não sofreram influência significativa do adensamento das ruas até aos cinco anos de idade. O diâmetro da base do caule diminuiu cerca de 0,75 mm e 1,60 mm, a cada redução de 0,75 cm no espaçamento entre fileiras, somente aos 3,5 e 4,5 anos de idade, respectivamente. Esses dados indicam que essa variável começa sofrer influência do espaçamento somente após o maior desenvolvimento da cultura, quando esta já se encontra em fase de produção. Segundo Guiscafré-Arrolaga & Gomes (1938), citados por RENA et al. (1998), o crescimento do diâmetro do caule é muito influenciado

pelo desenvolvimento das raízes, sendo boa característica morfológica externa do cafeeiro saudável. MATIELLO e BARROS (1999) encontraram resultados semelhantes em relação à altura de plantas e número de ramos plagiotrópicos com a mesma variedade aos seis anos pós-plantio, na Zona da Mata Mineira.

NACIF (1997), fixando o espaçamento entre fileiras em 3,00 m e variando o espaçamento entre plantas dentro da fileira (0,50; 1,00 e 1,50 m), verificou que o adensamento provocou incremento na altura e no diâmetro de copa e diminuição no diâmetro de caule, a partir dos 2,5 anos.

No mesmo estudo, a produtividade correlacionou-se positivamente com o diâmetro da base do caule e negativamente com a altura da planta e com o diâmetro máximo da copa, indicando haver competição entre a primeira variável vegetativa com as duas últimas pela partição de carboidratos (fotoassimilados), tanto como fonte de energia, como de material plástico (esqueletos carbonados). Os frutos constituem-se no dreno mais forte, seguidos pelas folhas novas, indicando que o crescimento em altura e em diâmetro de copa teriam força semelhante como dreno, sendo o lenho (diâmetro de caule) o dreno mais fraco (CANNELL, 1971, 1976; MAESTRI e BARROS, 1977).

Os coeficientes de correlação, apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, não dão a exata importância relativa aos efeitos diretos e indiretos destes fatores. Estudos sobre o desdobramento do coeficiente de correlação são feitos pela análise de trilha, desenvolvida por Wrigth (1921 e 1923) e pormenorizada por Li (1975), ambos citados por CRUZ e REGAZZI (1997).

A análise de trilha consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Apesar da correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres em dada condição experimental, sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente são avaliados pelo conhecimento prévio do pesquisador de suas importâncias e de possíveis inter-relações expressas em “diagramas de trilha” (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Os mesmos autores apresentam algumas propriedades associadas à metodologia: (1) sendo um coeficiente de regressão, ele tem direção, podendo ser negativo ou positivo e maior ou menor que a unidade; (2) sendo um coeficiente de regressão padronizado, ele pode ser utilizado para comparar efeitos de caracteres mensuráveis em diferentes escalas; (3) não tendo unidade física, ele se assemelha a um coeficiente de correlação.

Com o desdobramento do coeficiente de correlação surgem algumas situações e conclusões (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992): (1) correlação semelhante em sinal e magnitude com o efeito direto evidencia que a variável é determinante das variações na variável básica; (2) para caracteres com alta correlação favorável com a variável básica, mas com baixo efeito direto, deve-se considerar os efeitos indiretos; (3) caracteres com alta correlação favorável, mas com efeito direto desfavorável, indicam ausência de causa e efeito.

Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento dos caracteres morfo-vegetativos de diferentes variedades em espaçamentos adensados. Foi feito ainda o desdobramento das correlações desses caracteres com a produtividade através da análise de trilha para verificar quais

os mais determinantes na variação da produtividade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As condições de local, clima e solo, o delineamento experimental, os tratamentos, a instalação e condução do ensaio foram as mesmas do capítulo 1 deste trabalho.

### 2.1. Avaliações

Aos 20 e 33 meses foram avaliados a altura da planta em relação a superfície do solo (altura da haste ortotrópica primária) em cm; o diâmetro máximo da copa em cm; a relação entre altura de planta e o diâmetro máximo da copa; diâmetro do caule a 5 cm da superfície do solo em mm; o número de ramos plagiotrópicos e o índice de área foliar (IAF).

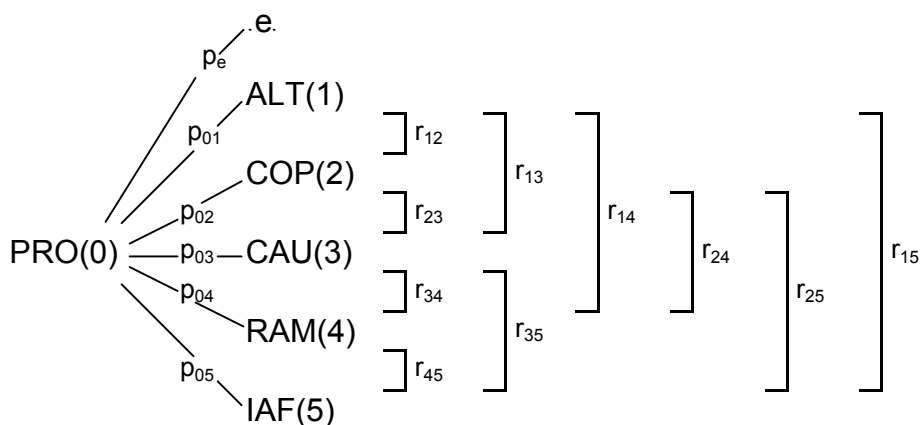
O IAF foi estimado da seguinte forma: cada planta foi dividida visualmente em quatro partes (superior, média superior, média inferior e inferior); de cada uma das partes tomou-se um ramo e de cada ramo uma folha na parte mediana deste; mediu-se a área foliar segundo a fórmula proposta por BARROS (1972):

$$\text{Área foliar} = \text{Comprimento} \times \text{largura} / 0,677$$

Então se multiplicou a área de cada folha pelo número de folhas de cada ramo; em seguida somou-se esse produto de cada uma das partes e dividiu-se o valor por quatro, encontrando-se o valor médio da área foliar por ramo. A seguir multiplicou-se esse valor pelo número total de ramos, estimando-se a área foliar total de cada planta.

## 2.2. Análise de Trilha

Foi feita análise de trilha para cada espaçamento, com a finalidade de verificar quais características vegetativas influenciam mais na produtividade em cada um dos sistemas de plantio, nas duas primeiras colheitas. Para isso foi utilizado o PROGRAMA GENES – aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 1997), seguindo o seguinte diagrama causal:



PRO(0) = produção

ALT(1) = altura de planta

COP(2) = comprimento da copa

CAU(3) = diâmetro de caule

RAM(4) = número de ramos plagiotrópicos

IAF(5) = índice de área foliar

e = erro

$P_e$  = efeito direto do erro sobre a produção

$P_{0i}$  = efeito direto da i-ésima característica vegetativa sobre a produção

$r_{ij}$  = correlação entre a i-ésima e j-ésima variáveis vegetativas

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Avaliação geral das características vegetativas**

Aos 20 meses após o plantio a análise de variância não apontou efeito significativo de espaçamentos ( $P>0,05$ ) em nenhuma das características avaliadas, exceto no índice de área foliar (Quadro 1), indicando que o adensamento entre fileiras não proporcionou aumento na competição entre plantas, que interferisse nessas características, até essa idade.

Observando o Quadro 2 e analisando-se as características vegetativas em conjunto, verifica-se que as variedades Catuaí Vermelho IAC 44 e Rubi MG 1192 foram as mais vigorosas, ficando entre as variedades que apresentaram maior altura, maior diâmetro de copa, maior diâmetro de caule e maior número de ramos plagiotrópicos, enquanto a Catimor UFV 3880 mostrou-se inferior em todas as características avaliadas. Nas variedades deste ensaio a relação altura/diâmetro de copa com valores mais baixos parece ser indicativo de maior vigor, já que aquelas que apresentaram maiores valores das características de crescimento vegetativo (Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 44) mostraram os menores valores dessa relação. Isso pode ser devido ao melhor equilíbrio entre o desenvolvimento do meristema apical e dos ramos plagiotrópicos.

Quadro 1. Análise de variância dos dados de características vegetativas aos 20 e 33 meses após o plantio, em seis variedades de café e quatro espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG,

Fontes de Variação	GL	Quadrado										Médio	
		Altura		Copa		Caule		Ramo		IAF		Altura/copa	
		20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	30 meses
Blocos	5	76,587	255,715	219,331	336,672	11,683	20,104	43,9791	34,9149	0,7768	30,743	0,01922	3,3740
Variedades	5	190,468**	308,794**	462,610**	1240,342**	24,106**	111,741**	46,2975**	113,7506**	0,5381	37,057**	0,08264**	3,4028**
Espaçamentos	3	22,039	946,639**	12,120	456,570**	2,008	18,108*	3,0777	54,3803*	13,5256**	1584,930**	0,00156	145,5399**
Variedades x Espaçamentos	15	6,314	88,143	18,117	145,570	2,069	7,342	2,6102	16,0859	0,0253	6,968	0,00831	0,6398
Resíduo	115	16,871	50,859	44,710	108,742	2,756	6,029	5,3559	15,1547	0,1588	7,1854	0,00631	0,6598

Altura – altura da planta em relação a superfície do solo (cm)

Copa – comprimento máximo da copa, perpendicular ao sentido das fileiras (cm)

Caule – diâmetro do caule a 5 cm da superfície do solo (mm)

Ramos – número de ramos plagiotrópicos primários

IAF – índice de área foliar

Alt/copa – relação entre altura de planta e diâmetro máximo de copa

\* e\*\* - Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente



Quadro 2. Características vegetativas (altura, diâmetro máximo de copa, diâmetro de caule, número de ramos plagiotrópicos primários, Índice de Área Foliar e relação altura/copa) de seis variedades de café em quatro espaçamentos entre fileiras, aos 20 e 33 meses após o plantio, em Ervália-MG.

Variedade	Altura		Copa		Caule		Ramo		IAF		Altura/copa	
	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	33 meses	20 meses	30 meses
Catuaí Vermelho IAC 44	46,42 a	122,22 a	53,46 a	129,80 a	13,84 ab	33,33 b	25,19 ab	51,45 a	1,57 a	4,62 a	0,87 c	0,95 cd
Catuaí Vermelho IAC 99	43,63 b	118,89 ab	45,19 b	121,63 b	12,48 c	31,90 c	24,03 bc	48,78 b	1,30 ab	3,94 b	0,97 b	0,98 abc
Rubi MG 1192	44,97 ab	120,15 ab	50,78 a	128,80 a	13,94 a	34,28 b	26,05 a	52,74 a	1,46 ab	4,44 a	0,89 c	0,94 d
Katipó	43,75 b	113,81 c	45,91 b	125,77 ab	13,70 ab	36,16 a	22,41 d	47,91 b	1,34 ab	4,48 a	0,96 b	0,91 d
Oeiras MG 6851	46,54 a	116,20 bc	45,60 b	117,36 c	12,90 bc	30,66 c	23,49 cd	48,38 b	1,27 ab	3,82 b	1,04 a	1,00 ab
Catimor UFV 3880	38,70 c	113,32 c	40,69 c	111,19 c	11,29 d	30,81 c	22,98 d	47,23 b	1,15 b	3,78 b	0,96 b	1,02 a
CV%	9,33	6,07	14,25	8,52	12,75	7,47	9,63	7,88	29,64	19,43	8,36	19,43

Copa – diâmetro máximo da copa (cm)

Caule – diâmetro do caule a 5 cm da superfície do solo (mm)

Ramos – número de ramos plagiotrópicos primários

IAF – índice de área foliar

Alt/copa – relação entre altura de planta e diâmetro máximo de copa

As médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância não acusou efeito de variedades aos 20 meses ( $P > 0,05$ ) para IAF (Quadro 1), apesar do teste Duncan apontar diferença ( $P < 0,05$ ) entre as variedades Catuaí Vermelho IAC 44 e Catimor UFV 3880 (Quadro 2). O IAF aumentou com o adensamento de acordo com a Figura 1.

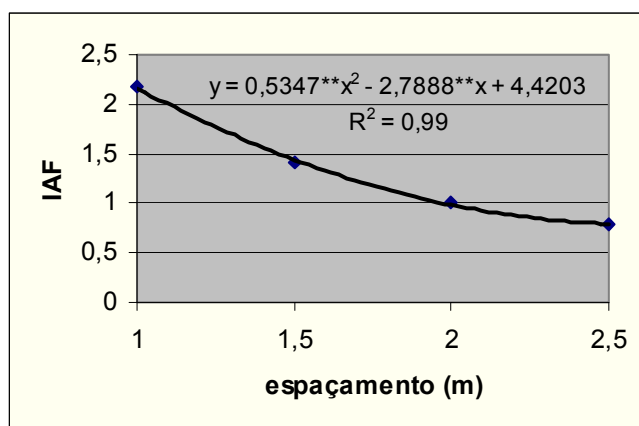


Figura 1. Índice de Área Foliar (IAF) de seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 20 meses após o plantio, em função do espaçamento entre fileiras, em Ervália-MG.

Aos 33 meses, as variedades Catuaí Vermelho IAC 44 e Rubi MG 1192, continuaram mostrando-se mais vigorosas (Quadro 2), apresentando maior altura, maior diâmetro máximo da copa, maior número de ramos plagiotrópicos primários e maior IAF. A variedade Katipó, apesar de apresentar altura e número de ramos plagiotrópicos inferior aos das variedades acima citadas, não diferiu dessas em relação ao diâmetro máximo da copa e IAF, além de apresentar diâmetro de caule superior, evidenciando que apesar de ser uma variedade de porte mais baixo, apresenta um bom vigor.

A baixa relação altura/copa continuou sendo indicativo de bom vigor, uma vez que as três variedades supracitadas apresentaram os menores valores dessa variável.

Aos 33 meses o espaçamento influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ) todas as variáveis (Quadro 1).

Conforme a Figura 2, nota-se que as variedades que tiveram maior interferência do adensamento na altura foram a Catuaí Vermelho IAC 99 e Katipó que aumentaram cerca de 5,9 cm em média, para cada 0,5 m de diminuição no espaçamento. Em seguida vieram a Catuaí Vermelho IAC 44 e a Catimor UFV 3880, aumentando cerca de 4,4 cm para a mesma variação. Esses dados concordam com o trabalho de NACIF (1997), para o qual essa variável aumentou linearmente com o adensamento já aos 31,3 meses após o plantio, devido ao auto-sombreamento. Porém, a variedade Rubi MG 1192 diminuiu sua altura de forma mais acentuada, cerca de 9,3 cm, quando o espaçamento passou de 2,0 para 2,5 m e a altura da variedade Oeiras MG 6851 não foi influenciada pelos espaçamentos adotados ( $P > 0,05$ ). A não modificação da altura com o adensamento pode ser uma característica favorável, uma vez que a energia que seria usada para o alongamento do entrenó, pode passar a ser utilizada ou armazenada em outras partes da planta, ou usada para produção de grãos.

Em relação ao diâmetro máximo da copa (Figura 3), pode-se observar que as variedades Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99 e Catimor UFV 3880 não foram influenciadas significativamente ( $P > 0,05$ ) pelos espaçamentos, concordando com os dados de NACIF (1997), nos quais essa variável não sofreu efeito de espaçamentos até os 55,7 meses de idade.

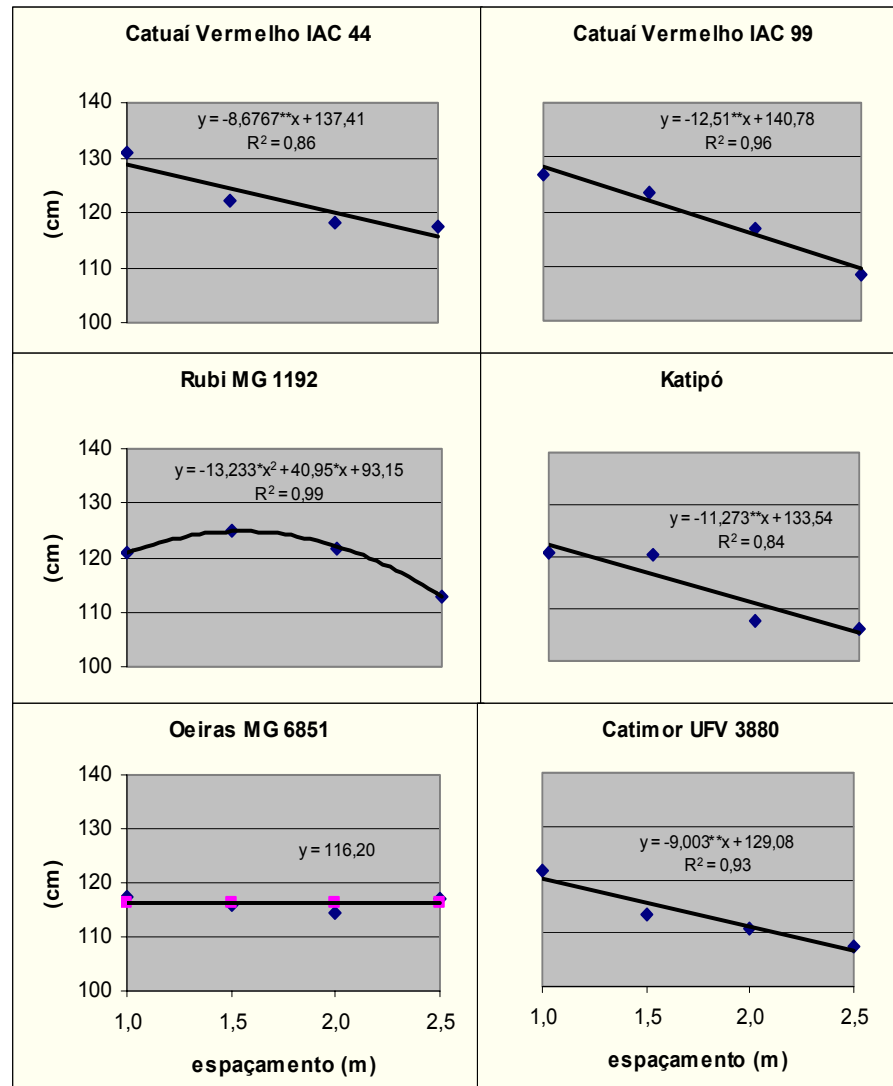


Figura 2. Altura de plantas, em cm, em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

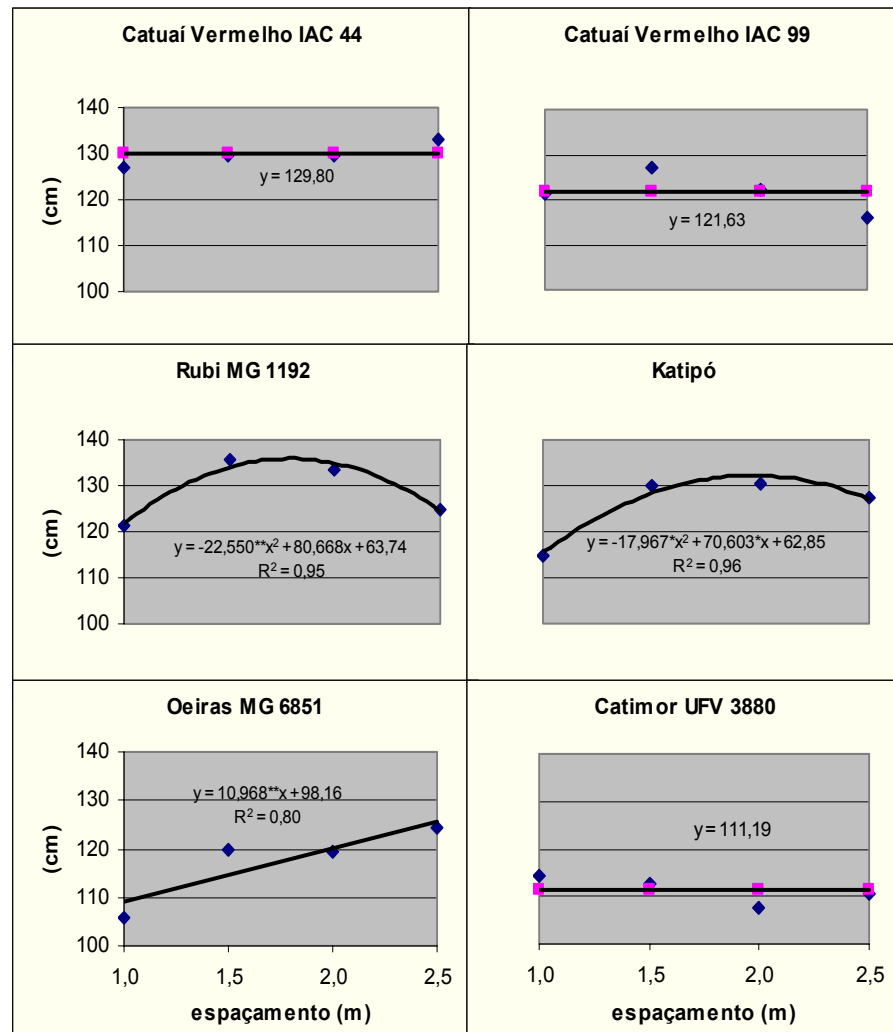


Figura 3. Diâmetro máximo da copa, em cm, em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

Porém, o diâmetro máximo de copa da variedade Oeiras MG 6851 diminuiu linearmente com o adensamento (5,5 cm para cada aumento de 0,5 m). Já as variedades Rubi MG 1192 e Katipó tiveram maiores valores dessa variável nos espaçamentos intermediários (1,5 e 2,0 m). No menor espaçamento, provavelmente ocorreu uma inibição do crescimento dos ramos plagiotrópicos devido ao alto grau de sombreamento na interface das plantas, conforme relatado por CASSIDY e KUMAR (1984). Para a variedade Rubi MG 1192, no maior espaçamento, a redução observada pode ser devida ao excesso de insolação e temperatura, que provavelmente reduziu o desenvolvimento geral da planta, uma vez que somente nesse tratamento o desenvolvimento do meristema apical também foi comprometido, indicando uma maior sensibilidade dessa variedade a altas temperaturas, confirmando de certa forma o relato de RENA e MAESTRI (1983), que mencionam a existência de grandes diferenças nas taxas de fotossíntese líquida entre os germoplasmas de café em temperaturas mais elevadas.

A variedade Oeiras MG 6851 apresentou arquitetura de planta bem favorável ao adensamento, já que sua altura não foi influenciada e o comprimento dos ramos plagiotrópicos diminuiu nos menores espaçamentos, características que facilitam consideravelmente os tratos culturais e colheita em lavouras adensadas.

De acordo com a Figura 4, as variedades apresentaram comportamento semelhante tanto para o diâmetro de caule quanto para diâmetro máximo da copa, ou seja, as variedades Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99 e Catimor UFV 3880 não foram influenciadas significativamente ( $P > 0,05$ ) pelos espaçamentos, concordando com o trabalho de NACIF (1997), no qual o

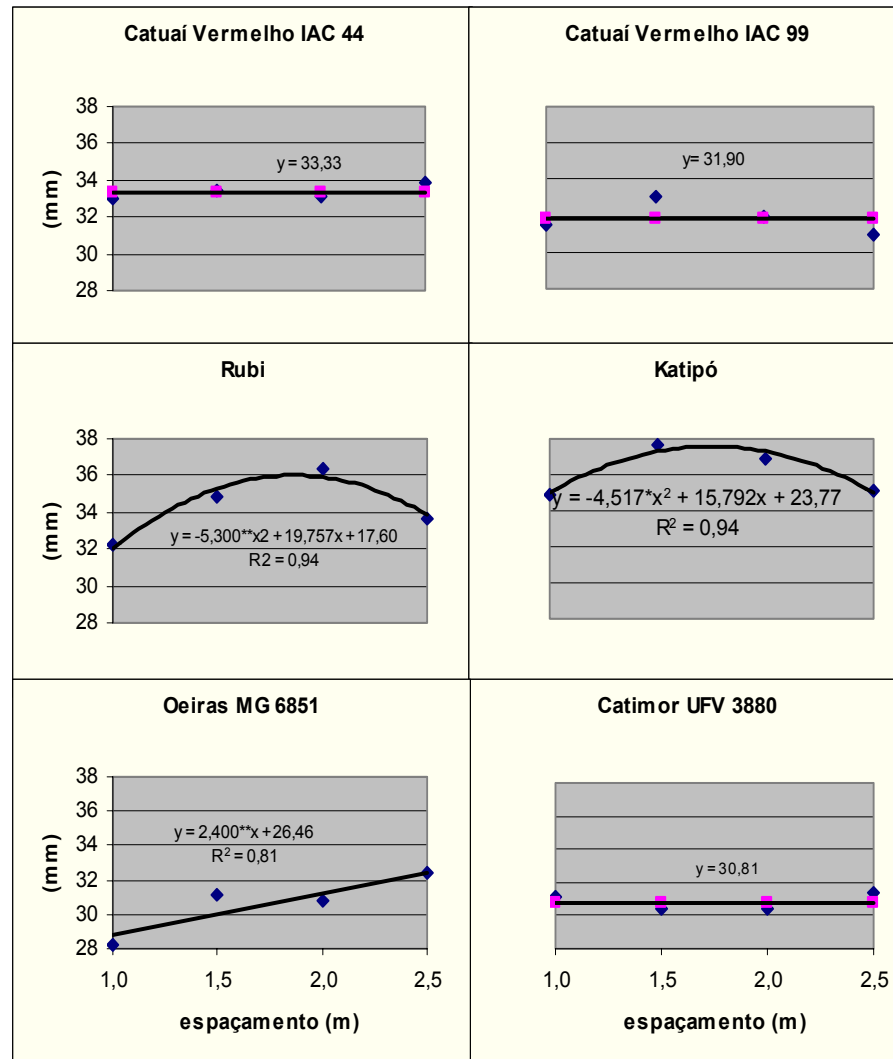


Figura 4. Diâmetro de caule, em mm, em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

diâmetro de caule da variedade Catuaí Vermelho IAC 44 só começou a ter influência de espaçamentos a partir dos 43,5 meses de idade. Para a variedade Oeiras MG 6851 essa variável teve um efeito linear crescente com o aumento do espaçamento (1,2 mm para cada aumento de 0,5 m no espaçamento) e as variedades Rubi MG 1192 e Katipó tiveram maior diâmetro de caule nos espaçamentos intermediário (1,5 e 2,0 m).

O número de ramos plagiotrópicos primários foi influenciado pelos espaçamentos somente na variedade Catuaí Vermelho IAC 99 (Figura 5), aumentando cerca de 2 ramos (1 entrenó) a cada 0,5 m de adensamento. Apesar disso os dados concordam de certa forma com os trabalhos de MATIELLO et al. (1999) e NACIF (1997), uma vez que em nenhuma das outras variedades houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ). Esses dados, para a maioria das variedades, concordam com o relato de RENA et al. (1998) que afirma que a alteração na altura da planta, não é provocada pelo aumento do número de entrenós, mas sim pelo alongamento destes.

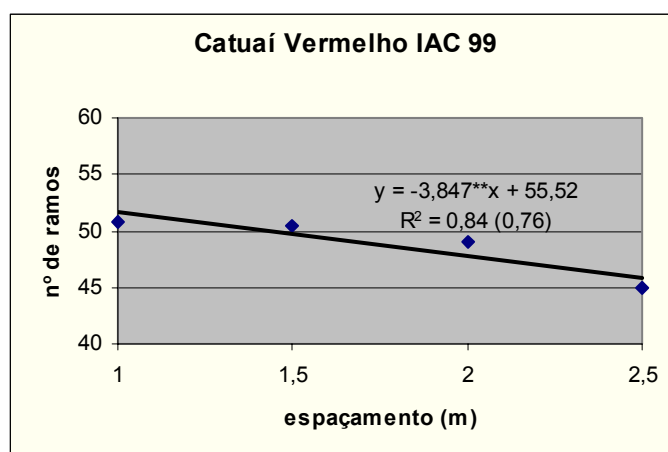


Figura 5. Número de ramos plagiotrópicos primários, na variedade de café (*Coffea arabica* L.) Catuaí Vermelho IAC 99, aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.



A relação entre os dados do Índice de Área Foliar e espaçamentos aos 33 meses foi semelhante à dos 20 meses, para a maioria das variedades, conforme mostra a Figura 6. Porém as variedades Rubi MG 1192 e Katipó apresentaram aumento linear dessa variável com o adensamento, indicando um certo ajuste na área foliar destas variedades já ao 33 meses, uma vez que o IAF não aumentou de forma diretamente proporcional ao aumento do estande.

Os valores do IAF obtidos no menor espaçamento (1,00 x 0,75 m – 13.333 plantas.ha<sup>-1</sup>) aos 33 meses variaram de 6,0 a 7,8, o que está muito próximo do IAF ótimo (IAF=8) considerado por VALÊNCIA (1974), alcançado aos 3 anos com 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e também ao IAF alcançado para a variedade Catuaí Vermelho IAC 44, aos 4 anos com uma população de 7.619 plantas.ha<sup>-1</sup> (IAF=7,7) no trabalho de BARROS et al. (1997).

Os valores de IAF alcançados nesse ensaio justificam as produtividades obtidas, descritas no capítulo 1 e apontam que se pode adensar ainda mais quando o objetivo é alcançar produtividades máximas já na segunda colheita.

### **3.2. Estudo das correlações entre caracteres vegetativos e produtividade através da Análise de trilha**

As correlações entre as características vegetativas foram significativas ( $P < 0,01$ ) e positivas em quase todos os casos (Quadro 3), inclusive entre altura e diâmetro de caule e entre diâmetro máximo da copa e diâmetro de caule, que no estudo de NACIF (1997) correlacionaram-se negativamente, já aos 34 meses após o plantio. NACIF (1997) ainda encontrou correlação negativa entre produção e altura de planta e entre produção e diâmetro máximo de copa. No

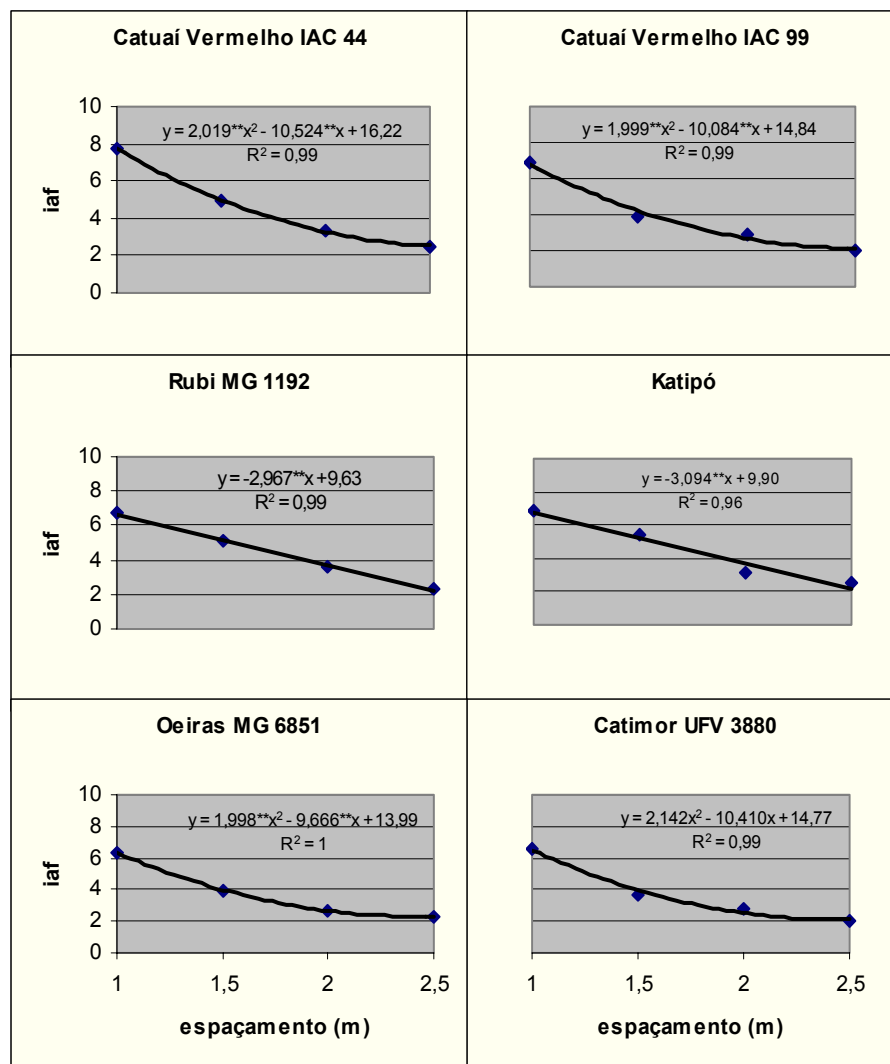


Figura 6. Índice de Área Foliar (IAF), em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

presente estudo, a única correlação negativa e significativa foi entre altura de plantas e produção, no menor espaçamento, aos 33 meses. Isso indica que, para os demais tratamentos, até os 33 meses após o plantio, não haveria a competição por carboidratos entre os componentes do crescimento vegetativo e entre esses e a produção. Porém a análise de trilha permite um melhor detalhamento dessas correlações, levando a conclusões mais precisas.

Quadro 3. Correlações entre as variáveis explicativas (características vegetativas) da produção, em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em quatro espaçamentos, aos 20 e 33 meses após o plantio, em Ervália-MG.

Variável	Idade	Altura		Copa		Caule		Ramo		IAF		
		20	33	20	33	20	33	20	33	20	33	
Espaçamento												
Produção	1,0	0,65**	-0,46**	0,20	-0,02	0,08	0,27	0,21	0,03	0,22	-0,06	
	1,5	0,87**	0,01	0,62**	0,27	0,63**	0,49**	0,31	0,13	0,65**	0,53**	
	2,0	0,52**	0,46**	0,20	0,83**	0,34*	0,83**	0,25	0,66**	0,15	0,74**	
	2,5	0,97**	0,59**	0,90**	0,88**	0,84**	0,67**	0,60**	0,27	0,88**	0,86**	
Altura	1,0			0,67**	0,87**	0,79**	0,40**	0,24	0,55**	0,31	0,88**	
	1,5			0,62**	0,94**	0,60**	0,63**	0,44**	0,90**	0,61**	0,60**	
	2,0			0,92**	0,41*	0,97**	0,07	0,56**	0,94**	0,89**	0,54**	
	2,5			0,79**	0,59**	0,75**	0,12	0,46**	0,63**	0,97**	0,44**	
Copa	1,0					0,64**	0,58**	0,63**	0,61**	0,89**	0,85**	
	1,5					0,79**	0,78**	0,89**	0,95**	0,98**	0,81**	
	2,0					0,94**	0,84**	0,70**	0,59**	0,99**	0,84**	
	2,5					0,94**	0,82**	0,84**	0,55**	0,97**	0,96**	
Caule	1,0							0,23	-0,20	0,33	0,62**	
	1,5							0,46**	0,76**	0,88**	0,90**	
	2,0							0,51**	0,37*	0,91**	0,80*	
	2,5							0,77**	0,48**	0,90**	0,93**	
Ramo	1,0									0,49**	0,52**	
	1,5									0,79**	0,84**	
	2,0									0,73**	0,75**	
	2,5									0,73**	0,56**	

\* e \*\* - significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t.

Antes de realizar a análise de trilha, a matriz de correlação entre as cinco variáveis explicativas (altura, copa, caule, ramo e IAF) foi submetida à avaliação de problemas proporcionados pela multicolinearidade. Realizadas as

análises, constatou-se problema severo segundo critério Montgomery e Peck (1981) citado por CRUZ (1997). Para atenuar esse efeito adverso, realizou-se a análise de trilha pela metodologia alternativa proposta por Carvalho (1994), citado por CRUZ (1997), fazendo a análise de regressão em crista em que se adiciona uma constante  $k$  na diagonal da matriz de correlação, que originalmente encontrava-se mal condicionada e inapropriada para análise.

Para o cálculo das equações de regressão múltipla, foi retirada a variável IAF devido ao maior grau de dificuldade de obtenção de sua estimativa, além dessa variável apresentar com freqüência correlações com as outras variáveis com valor absoluto maior que 0,80, o que aumenta consideravelmente a chance de ocorrência de multicolinearidade. Desta forma, a multicolinearidade tornou-se fraca (tolerável) para algumas situações, proporcionando, na maioria dos casos, um coeficiente de determinação maior que o obtido quando consideradas todas as variáveis, mas para mais da metade delas, foi preciso retirar uma variável adicional.

### **3.2.1. Primeira colheita**

Pelo Quadro 4, conforme a análise de trilha, percebe-se que, na primeira colheita, a altura foi o caráter vegetativo determinante da produtividade em todos os espaçamentos, uma vez que os valores dos coeficientes de correlação e dos efeitos diretos dessa variável foram altos e com o mesmo sentido, mostrando que quanto mais alta a planta, maior a produtividade. No espaçamento de 1,0 m deve-se destacar ainda o efeito do diâmetro de caule, que apesar de apresentar baixo coeficiente de correlação, mostrou efeito direto relativamente alto e negativo. Isso indica que fixando todas as outras variáveis

Quadro 4. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule, número de ramos plagiotrópicos e índice de área foliar), sobre a variável principal produtividade da primeira colheita (1998), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
Altura	Direto	1,1945	0,6736	1,3628	0,6033
	Indireto via copa	0,0447	0,2115	-0,4912	0,1430
	Indireto via caule	-0,6213	-0,0928	0,0467	0,0255
	Indireto via ramo	0,0544	-0,2189	0,2241	-0,0033
	Indireto via iaf	-0,1083	0,2437	-0,7255	0,1585
	<b>Total</b>	<b>0,6455**</b>	<b>0,8730**</b>	<b>0,5158**</b>	<b>0,9734**</b>
Copa	Direto	0,0670	0,346	-0,5346	0,1822
	Indireto via altura	0,7963	0,4190	1,2523	0,4734
	Indireto via caule	-0,5039	-0,1224	0,0450	0,0317
	Indireto via ramo	0,1412	-0,4418	0,2851	-0,0060
	Indireto via iaf	-0,3102	0,3917	-0,8038	0,2031
	<b>Total</b>	<b>0,1952</b>	<b>0,6198**</b>	<b>0,2022</b>	<b>0,8984**</b>
Caule	Direto	-0,7902	-0,1555	0,0481	0,0338
	Indireto via altura	0,9392	0,4018	1,3234	0,4549
	Indireto via copa	0,0427	0,2729	-0,4999	0,1708
	Indireto via ramo	0,0522	-0,2306	0,2060	-0,0054
	Indireto via iaf	-0,1131	0,3519	-0,7425	0,1881
	<b>Total</b>	<b>0,0771</b>	<b>0,6284**</b>	<b>0,3385*</b>	<b>0,8446**</b>
Ramo	Direto	0,2231	-0,4978	0,4033	-0,0071
	Indireto via altura	0,2910	0,2962	0,7573	0,2799
	Indireto via copa	0,0424	0,3078	-0,3739	0,1530
	Indireto via caule	-0,1847	-0,0721	0,0246	0,0259
	Indireto via iaf	-0,3485	0,3159	-0,5903	0,1522
	<b>Total</b>	<b>0,2155</b>	<b>0,3117</b>	<b>0,2505</b>	<b>0,6033**</b>
IAF	Direto	-0,3485	0,3991	-0,8131	0,2089
	Indireto via altura	0,3714	0,4113	1,2160	0,4578
	Indireto via copa	0,0596	0,3404	-0,5285	0,1772
	Indireto via caule	-0,2565	-0,1372	0,0440	0,0305
	Indireto via ramo	0,1100	-0,3940	0,2928	-0,0052
	<b>Total</b>	<b>0,2155</b>	<b>0,6502**</b>	<b>0,1526</b>	<b>0,8847**</b>
Valor de k		0,0683	0,0768	0,0726	0,0768
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,8018</b>	<b>0,8095</b>	<b>0,5881</b>	<b>0,9601</b>
Efeito Residual		0,4452	0,4365	0,6418	0,2000
Determinante		0,043999	0,012269	0,003660	0,009139

\*e\*\*, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

o aumento do diâmetro compete com a produtividade na primeira colheita e com a altura de planta, concordando com o estudo de NACIF (1997). Comportamento semelhante foi constatado com o diâmetro máximo da copa e com o IAF no espaçamento de 2,0 m, mostrando que, apesar do espaçamento não ter influenciado nenhuma das características vegetativas aos 20 meses, nessa idade, já começa haver uma competição diferenciada entre os componentes do crescimento vegetativo, dependendo do espaçamento. Isso mostra que pode acontecer uma alteração nas relações hormonais que determinam essa competição já nessa idade, quando a diferença de luminosidade (auto-sombreamento) não é tão perceptível (TAIZ e ZIEGER, 1991).

Os valores altos dos coeficientes de correlação apresentados pelas variáveis diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e IAF, nos espaçamentos de 1,5 e 2,5 m, e número de ramos plagiotrópicos, no espaçamento de 2,5 m, são devidos mais ao efeito indireto da altura que aos efeitos diretos dessas variáveis.

No Quadro 5 pode-se verificar as combinações de variáveis explicativas através da análise de trilha que não apresentaram multicolinearidade.

No espaçamento de 1,0 m a combinação das variáveis altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos (modelo  $Y_{1;1,0}$ ) explicaram quase que totalmente a variação na produtividade ( $R^2=0,99$ ). Dessas variáveis a altura de plantas foi considerada o efeito-causa pela análise de trilha, uma vez que, retirando-se essa variável, o  $R^2$  passou para 0,05 (modelo  $Y_{5;1,0}$ ); deve-se considerar ainda o efeito do diâmetro de caule que impôs restrições sobre a primeira variável pois retirando o

Quadro 5. Equações de regressão linear múltipla, calculadas pela metodologia de análise de trilha, para a produtividade da primeira colheita (1998) de seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, em função da altura de plantas, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, em Ervália-MG.

Produtividade estimada	Altura de planta	Diâmetro máximo da copa	Diâmetro de caule	No de ramos plagiotrópicos	R2
Espaçamento 1,0 m					
$Y_{1;1,0} =$	1,704	-0,533	-1,010	0,374	0,99
$Y_{2;1,0} =$	1,621	-0,205	-1,067		0,92
$Y_{3;1,0} =$	1,080	-0,824		0,474	0,64
$Y_{4;1,0} =$	1,514		-1,140	0,113	0,91
$Y_{5;1,0} =$		0,130	-0,039	0,142	0,05
$Y_{6;1,0} =$	0,928	-0,423			0,52
$Y_{7;1,0} =$	1,532		-1,128		0,90
$Y_{8;1,0} =$	0,630			0,062	0,42
Espaçamento 1,5 m					
$Y_{1;1,5} =$	0,768	0,210	0,153		0,78
$Y_{2;1,5} =$	0,652	0,904		-0,778	0,89
$Y_{3;1,5} =$	0,809		0,211	-0,142	0,80
$Y_{4;1,5} =$	0,795	0,125			0,77
$Y_{5;1,5} =$	0,773		0,167		0,78
$Y_{6;1,5} =$	0,912			-0,089	0,77
$Y_{7;1,5} =$		0,329	0,369		0,44
$Y_{8;1,5} =$		1,617		-1,123	0,65
$Y_{9;1,5} =$			0,616	0,026	0,40
Espaçamento 2,0 m					
$Y_{1;2,0} =$	2,476	-2,518		0,636	0,93
$Y_{2;2,0} =$	2,120	-1,746			0,74
$Y_{3;2,0} =$	0,545			-0,052	0,27
$Y_{4;2,0} =$		-0,910	1,189		0,22
$Y_{5;2,0} =$		0,053		0,213	0,06
$Y_{6;2,0} =$			0,285	0,105	0,12
Espaçamento 2,5 m					
$Y_{1;2,5} =$	0,662	0,534	-0,093	-0,081	0,99
$Y_{2;2,5} =$	0,703	0,427	0,086		0,99
$Y_{3;2,5} =$	0,660	0,445		-0,076	0,99
$Y_{4;2,5} =$	0,811		0,143	0,117	0,98
$Y_{5;2,5} =$		1,392	-0,064	-0,516	0,88
$Y_{6;2,5} =$	0,699	0,350			0,99
$Y_{7;2,5} =$	0,780		0,256		0,98
$Y_{8;2,5} =$	0,884			0,193	0,98

$Y_{ij}$  = modelo i do espaçamento j

diâmetro de caule do modelo, o  $R^2$  passou para 0,64 (modelo  $Y_{3;1,0}$ ). A combinação dessas duas variáveis (modelo  $Y_{7;1,0}$ ) explicou 0,90 da variação na produtividade.

A combinação das quatro primeiras variáveis explicativas continuou apresentando multicolinearidade no espaçamento de 1,5 m, o mesmo fato ocorreu com a combinação entre diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos. Entre as outras três combinações possíveis com três variáveis explicativas, a que proporcionou maior coeficiente de determinação ( $R^2=0,89$ ) foi o modelo  $Y_{2;1,5}$ , entre as variáveis altura de planta, diâmetro máximo da copa e número de ramos plagiotrópicos. Entre as combinações com apenas duas variáveis, nenhuma explicou a variação na produtividade satisfatoriamente, uma vez que os coeficientes de determinação daquelas variaram entre 0,40 e 0,78 e a variável altura de planta sozinha explicou cerca de 0,76.

Para o espaçamento de 2,0 m a única combinação entre três variáveis que não proporcionou problemas com multicolinearidade foi entre altura de plantas, diâmetro máximo da copa e número de ramos plagiotrópicos, explicando cerca de 0,92 da variação na produtividade (modelo  $Y_{1;2,0}$ ). O modelo que com duas variáveis com maior coeficiente de determinação ( $R^2=0,74$ ) foi o da combinação entre altura de plantas e diâmetro máximo da copa ( $Y_{2;2,0}$ ). De maneira semelhante ao espaçamento de 1,0 m, neste espaçamento a altura de planta mostrou ser o efeito-causa da variação da produtividade porém, agora, o efeito do diâmetro máximo da copa é que impôs restrições ao efeito da primeira variável, indicando competição entre essas variáveis pela partição de carboidratos.



No espaçamento de 2,5 m a combinação das quatro variáveis (modelo  $Y_{1;2,5}$ ) explicou quase que totalmente a variação na produtividade ( $R^2=0,99$ ). Todos os outros modelos que continham a variável altura de planta apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,98, uma vez que essa variável sozinha explicou cerca de 0,95 da variação da produtividade, As outras três variáveis juntas explicaram 0,88 (modelo  $Y_{5;2,5}$ ).

### **3.2.2. Segunda colheita**

Pelo Quadro 6, conforme a análise de trilha, percebe-se que o mesmo caráter vegetativo não foi o determinante da produtividade para todos os espaçamentos. No de 1,0 m, a única variável com correlação significativa com a produtividade foi a altura, que continuou a ser efeito-causa, porém, agora, com sinal contrário ao da primeira colheita. Isso mostra que quanto menor a altura, maior a produtividade, indicando uma competição entre o alongamento do entrenó e a produção de frutos. Esse fato comprova a característica favorável da variedade Oeiras MG 6851 de não aumentar sua altura com o adensamento, uma vez que a energia que seria usada para o alongamento do entrenó, pode passar a ser utilizada para produção de grãos. Deve-se destacar ainda os efeitos de diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, que apesar de apresentarem baixo coeficiente de correlação, mostraram efeito direto relativamente alto (maior que o efeito residual) e favorável à produtividade. Isso indica que, fixando todas as outras variáveis, com o aumento daquelas duas a produtividade na segunda colheita também aumenta. No Quadro 7 percebe-se que a combinação das variáveis altura de planta, diâmetro de copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos

Quadro 6. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule, número de ramos plagiotrópicos e índice de área foliar), sobre a variável principal produtividade da segunda colheita (1999), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
Altura	Direto	-1,3528	-0,3425	0,1878	0,4770
	Indireto via copa	0,1396	0,6863	0,0878	0,1204
	Indireto via caule	0,2819	0,1392	0,0487	0,1608
	Indireto via ramo	0,3773	-0,8918	0,3210	-0,3062
	Indireto via iaf	0,1662	0,4352	-0,2033	0,2476
	<b>Total</b>	<b>-0,4570**</b>	<b>0,0089</b>	<b>0,4564**</b>	<b>0,5874**</b>
Copa	Direto	0,1609	0,7285	0,2128	0,2026
	Indireto via altura	-1,1733	-0,3227	0,0775	0,2834
	Indireto via caule	0,4102	0,1728	0,6351	0,1120
	Indireto via ramo	0,4131	-0,9384	0,2024	-0,2667
	Indireto via iaf	0,1611	0,5921	-0,3128	0,5347
	<b>Total</b>	<b>-0,0198</b>	<b>0,2696</b>	<b>0,8311**</b>	<b>0,8800**</b>
Caule	Direto	0,7041	0,2217	0,7552	0,1363
	Indireto via altura	-0,5417	-0,2150	0,0121	0,0563
	Indireto via copa	0,0937	0,5678	0,1790	0,1665
	Indireto via ramo	-0,1350	-0,7496	0,1242	-0,2319
	Indireto via iaf	0,1167	0,6533	-0,2998	0,5221
	<b>Total</b>	<b>0,2738</b>	<b>0,4897**</b>	<b>0,8287**</b>	<b>0,6586**</b>
Ramo	Direto	0,6825	-0,9860	0,3406	-0,4871
	Indireto via altura	-0,7478	-0,3097	0,1770	0,2999
	Indireto via copa	0,0974	0,6933	0,1263	0,1110
	Indireto via caule	-0,1393	0,1685	0,2753	0,0649
	Indireto via iaf	0,0981	0,6109	-0,2818	0,3123
	<b>Total</b>	<b>0,0259</b>	<b>0,1261</b>	<b>0,6636**</b>	<b>0,2677</b>
IAF	Direto	0,1897	0,7284	-0,3743	0,5596
	Indireto via altura	-1,1853	-0,2046	0,1020	0,2110
	Indireto via copa	0,1367	0,5921	0,1778	0,1936
	Indireto via caule	0,4330	0,1988	0,6049	0,1272
	Indireto via ramo	0,3530	-0,8270	0,2565	-0,2719
	<b>Total</b>	<b>-0,0632</b>	<b>0,5250**</b>	<b>0,7383**</b>	<b>0,8579**</b>
Valor de k		0,0511	0,0511	0,0768	0,0683
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,8135</b>	<b>0,5600</b>	<b>0,8380</b>	<b>0,8979</b>
Efeito Residual		0,4318	0,6633	0,4025	0,3195
Determinante		0,012837	0,002354	0,012722	0,012597

e\*\*, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 7. Equações de regressão linear múltipla, calculadas pela metodologia de análise de trilha, para a produtividade da segunda colheita (1999) de seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, em função da altura de plantas, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, em Ervália-MG.

Produtividade estimada	Altura de planta	Diâmetro máximo da copa	Diâmetro de caule	No de ramos plagiotrópicos	R2
Espaçamento 1,0 m					
$Y_{1;1,0} =$	-1,427	-0,087	1,111	1,088	0,99
$Y_{2;1,0} =$	-1,707	1,367	0,161		0,80
$Y_{3;1,0} =$	-1,791	1,449		0,138	0,79
$Y_{4;1,0} =$	-1,460		1,065	1,044	0,99
$Y_{5;1,0} =$		-1,984	1,740	1,571	0,56
$Y_{6;1,0} =$	-1,774	1,520			0,78
$Y_{7;1,0} =$	-0,675		0,544		0,46
$Y_{8;1,0} =$	-0,457			0,401	0,32
Espaçamento 1,5 m					
$Y_{1;1,5} =$	-0,285		0,893	-0,295	0,40
Espaçamento 2,0 m					
$Y_{1;2,0} =$	0,428	-0,066	0,857		0,86
$Y_{2;2,0} =$		0,730	0,624	0,393	0,84
$Y_{3;2,0} =$	0,137	0,775			0,71
$Y_{4;2,0} =$	0,404		0,802		0,85
$Y_{5;2,0} =$	-1,513			2,090	0,70
$Y_{6;2,0} =$		0,459	0,443		0,75
$Y_{7;2,0} =$		0,675		0,263	0,74
$Y_{8;2,0} =$			0,677	0,417	0,84
Espaçamento 2,5 m					
$Y_{1;2,5} =$	0,305	0,939	-0,438		0,89
$Y_{2;2,5} =$	0,967	0,914		-0,775	0,96
$Y_{3;2,5} =$		1,188	-0,175	-0,299	0,85
$Y_{4;2,5} =$	0,100	0,821			0,78
$Y_{5;2,5} =$	0,517		0,598		0,70
$Y_{6;2,5} =$	0,693			-0,168	0,36
$Y_{7;2,5} =$		1,044	-0,199		0,79
$Y_{8;2,5} =$		1,048		-0,306	0,84
$Y_{9;2,5} =$			0,687	-0,059	0,44

$Y_{i;j}$  = modelo i do espaçamento j.

(modelo  $Y_{1;1,0}$ ) explicaram quase que totalmente a variação na produtividade ( $R^2=0,99$ ) no espaçamento de 1,0 m. Retirando-se a variável diâmetro máximo da copa ( $Y_{4;1,0}$ ) o coeficiente de determinação praticamente não se altera ( $R^2=0,99$ ), porém a combinação entre duas variáveis explicativas com maior  $R^2$  foi entre essa variável e altura ( $Y_{6;1,0}$ ), explicando cerca de 0,78 da variação na produtividade.

No espaçamento de 1,5 m, a variável IAF aparentemente seria o efeito causa da variação na produtividade, pois a correlação e o efeito direto assumiram valores de magnitude semelhante e mesmo sinal (Quadro 6), porém essa variável sozinha explica apenas 28% da variação total da variável principal. O valor alto da correlação da produção com o diâmetro de caule foi mais devido aos efeitos indiretos do diâmetro máximo da copa e do IAF que ao efeito direto daquela variável. O efeito direto da variável número de ramos plagiotrópicos foi o mais alto e em sentido contrário à produção, indicando que essa variável nesse espaçamento comportou-se de maneira contrária ao observado no espaçamento de 1,0 m. No espaçamento de 1,5 m, conforme o Quadro 7, a única combinação entre três variáveis explicativas que não proporcionou problemas de multicolinearidade foi entre altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos ( $Y_{1;1,5}$ ), porém não explicou de maneira satisfatória a variação da produtividade ( $R^2= 0,40$ ).

Para o espaçamento de 2,0 m as correlações de todas as variáveis com a produtividade foram significativas (Quadro 6), porém somente o efeito do diâmetro de caule foi considerado efeito-causa da variação na produtividade, sendo a significância das outras correlações devida mais aos efeitos do conjunto de todas as variáveis e não ao efeito direto destas. Nesse

espaçamento as combinações com três variáveis explicativas que não proporcionaram multicolinearidade (Quadro 7) foram entre altura de planta, diâmetro máximo da copa e diâmetro de caule ( $Y_{1;2,0}$ , com  $R^2= 0,86$ ) e a combinação das duas últimas e número de ramos plagiotrópicos ( $Y_{2;2,0}$ , com  $R^2=0,84$ ). Retirando-se a variável diâmetro máximo da copa do primeiro modelo, o coeficiente de determinação praticamente não se altera, ou seja apenas as variáveis altura de planta e diâmetro de caule ( $Y_{4;2,0}$ ), explicaram cerca de 0,85 da variação na produtividade.

No espaçamento de 2,5 m apenas a correlação entre a produção e o número de ramos plagiotrópicos é que não foi significativa (Quadro 6). O efeito-cause da variação parece ter sido o IAF, explicando cerca de 0,74 da variação. A altura de planta também parece ter contribuído com o aumento da produtividade, uma vez que o efeito direto e a correlação dessa variável com a principal assumiram valores altos e de mesmo sentido. As correlações das variáveis diâmetro máximo da copa e diâmetro de caule foram devidas mais aos efeitos indiretos do IAF e altura que aos efeitos diretos delas próprias. A combinação entre as variáveis altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, assim como a combinação das três primeiras proporcionaram multicolinearidade. Das outras três combinações restantes com três variáveis, a que melhor explicou a variação na produtividade ( $R^2= 0,96$ ) foi a entre altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos ( $Y_{2;2,5}$ ). Entre as combinações com duas variáveis a com maior coeficiente de determinação foi o modelo  $Y_{8;2,5}$ , entre as variáveis diâmetro máximo da copa e número de ramos plagiotrópicos, explicando cerca de 0,84 da variação na produtividade.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de verificar o efeito de espaçamento entre fileiras sobre os caracteres morfo-vegetativos e suas correlações com a produtividade em seis variedades de café, foi conduzido um ensaio, de março/abril de 1996 a agosto de 1999, em Ervália-MG.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e o esquema fatorial 4 x 6, sendo 4 espaçamentos entre fileiras (1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 m) e seis variedades (Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880). As parcelas constaram de 4 fileiras de 4,5 m de comprimento, espaçadas de acordo com o tratamento. O espaçamento dentro da linha foi constante (0,75m), totalizando 24 plantas por parcela, sendo considerada a área útil a correspondente as 4 plantas centrais mais competitivas.

Foram avaliados aos 20 e 33 meses após o plantio os dados de altura de plantas, diâmetro máximo da copa, diâmetro de caule, número de ramos plagiotrópicos e Índice de Área Foliar (IAF). Foi feito ainda o desdobramento das correlações desses caracteres com a produtividade das duas primeiras colheitas através da análise de trilha para verificar quais os mais determinantes na variação da produção de grãos.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

Tanto aos 20 como aos 33 meses após plantio, as variedades com características vegetativas indicadoras de um melhor vigor inicial foram a Catuaí Vermelho IAC 44, a Rubi MG 1192 e a Katipó.

Aos 20 meses após o plantio os espaçamentos não influenciaram as características vegetativas da planta.

Aos 33 meses, o adensamento influenciou as características vegetativas da seguinte forma: aumentou a altura de planta da maioria das variedades, exceção feita à altura da variedade Oeiras MG 6851 que não foi influenciada pelos espaçamentos; o diâmetro máximo de copa e o diâmetro da base do caule foram influenciados, ou não, pelo adensamento, de forma diferenciada, dependendo da variedade; o número de ramos plagiotrópicos da maioria das variedades não foi afetado pelos espaçamentos, exceção feita ao número de ramos plagiotrópicos da variedade Catuaí Vermelho IAC 99 que aumentou com o adensamento.

A arquitetura da variedade Oeiras MG 6851 é bastante adequada ao adensamento, uma vez que com a diminuição do espaçamento entre linhas, não ocorreu estiolamento da planta (aumento do comprimento do entrenó) e o diâmetro máximo da copa diminuiu linearmente, o que facilita os tratos culturais e a colheita mesmo em plantios mais adensados.

O valor do IAF atingido no menor espaçamento aos 33 meses ficou muito próximo ao considerado ideal pela literatura.

As características vegetativas do cafeeiro altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro da base do caule e número de ramos plagiotrópicos explicaram de maneira satisfatória a variação na produtividade, conforme

a análise de trilha.

Aos 20 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais, independentemente do espaçamento utilizado, enquanto que o desenvolvimento do diâmetro de caule no espaçamento de 1,0 m, e o desenvolvimento do comprimento dos ramos plagiotrópicos (diâmetro de copa) no espaçamento de 2,0 m competiram com a produção de grãos.

Aos 33 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais somente no espaçamento de 2,5 m; no espaçamento de 1,0 m o desenvolvimento da altura de planta competiu com a produção de grãos enquanto que plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. No espaçamento de 2,0 plantas com maior diâmetro de caule também tenderam a ser mais produtivas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUNDA, E.W.M., IMBAMBA, S.K., KUMAR, D. High density planting of coffee (II): Adaptative changes in some plants characteristics, **East African Agricultural and Forestry Journal**, v.45, n.2, p.133-139, 1979.
- ALVES, J.D., CORDEIRO, A.T., RENA, A.B. Relações entre a fotossíntese, resistência difusiva e variações circadiana da redutase do nitrato em *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1985. p.142-145.
- AMARAL, J.A.T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de hidrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. Viçosa-MG: UFV, 1991. 139p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ANDROCIOLO FILHO, A. Procedimento para o adensamento de plantio e contribuição para o aumento da produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.249-278.
- ARCILA, P.J., CHAVES, C.B. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra, **Cenicafé**, v.46, n.1, p.5-20, 1995.
- BARROS, R.S, **Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*C. arabica* L.)**. Viçosa-MG, UFV, 1972. 52p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1972.
- BARROS, R.S., MAESTRI, M., RENA, A.B. Coffee crop ecology, **Tropical Ecology**, v.36, n.1, p.1-19, 1995.
- BARROS, U.V., SANTINATO, R. e BARBOSA, C.M. Comportamento fisiológico do cafeeiro Catuaí H 2077-2-5/44 cultivado em solo LVH no sistema adensado 1,75 x 0,75m (7610 pl/ha) nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 23, 1997, Manhuaçu-MG. **Resumos dos trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1997. p.34-36.
- CANNELL, M.G.R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits, **Annals of Applied Biology**, v.67, n.1, p.99-120, 1971.

- CANNELL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review, **Kenya Coffee**, v. 41, n. 484, p.245-253, 1976.
- CASSIDY, D.M.S., KUMAR, D, Root distribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe (I): The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chipinge, **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, v.22, p.119-132, 1984.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa-MG: UFV, 1997. 442p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390p.
- JAMILLO, A.R. Aspectos microclimáticos en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) con alta densidad de siembra. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.47-69.
- KUMAR, D. Investigation into some physiological aspects of high density planting of coffee (*Coffea arabica* L.), **Kenya Coffee**, v.43, n.510, p.263-272, 1978.
- KUMAR, D. e TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I, Effects of light and temperature, **Experimental Agriculture**, v.16, n.1, p.13-19, 1980.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.
- MAESTRI, M., BARROS, R.S. Coffee, In: ALVIM, P.T., KOZLOWSKI, F. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**, New York: Academic Press, 1977. p.249-278.
- MATIELLO, J.B. e BARROS, U.V. Observações sobre a ramificação de cafeeiros catuaí sob efeito de vários espaçamentos, na rua e na linha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 25, 1999, Franca-SP. **Resumos dos trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.33-34.
- MOTA, J.W.S. **Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa-MG**. Viçosa-MG: UFV, 1988. 68p. (Tese Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- NACIF, A.P. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) c,v, Catuaí, sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes no Cerrado de Patrocínio-MG**. Viçosa-MG: UFV, 1997. 124p. (Tese Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- NUNES, M.A. Environmental effects on the stomatal and mesophyll regulation of photosynthesis in coffee leaves, **Photosynthetica**, v.22, n.4, p.547-553, 1988.
- RENA, A.B., CALDAS, L.S., JOHNSON, C.E., PEREIRA, A.A. Fotossíntese e o depauperamento de algumas progênies de café resistente à ferrugem, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1983. p.171-172.

- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro, In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.14-85.
- RENA, A.B., NACIF, A.P., GUIMARÃES, P.T.G., BARTHOLO, G.F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.61-70, 1998.
- SYLVAIN, P.G. Long range studies of the physiology of coffee. **Turrialba**, v.4, n.1, p.13-22, 1954.
- TAIZ, L., ZIEGER, E. **Plant Physiology**, Redwood City: The Benjamin / Cummings, 1991. 559p.
- VALENCIA, A.G. Relación entre el índice de area foliar y productividad del cafeto. **Cenicafé**, v.24, n.4, p.79-89, 1974.
- VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

## **CAPÍTULO 3**

### **TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES EM CAFEEIROS (*Coffea arabica* L.) E SUAS CORRELAÇÕES COM A PRODUÇÃO EM ESPAÇAMENTOS ADENSADOS.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O declínio contínuo da capacidade produtiva do solo tem sido um dos maiores problemas associados com plantios de cafeeiros em espaçamentos largos, ou com baixa população de plantas por unidade de área. Nestas condições, a erosão, lixiviação e oxidação da matéria orgânica e de outros compostos como  $\text{N-NH}_4^+$  são processos relativamente rápidos que contribuem para acidificação contínua e aceleração da degradação da fertilidade do solo. Por outro lado, a lavoura cafeeira adensada é um sistema conservacionista que protege o solo, diminui as perdas por erosão e lixiviação, diminui a oxidação da matéria orgânica, proporciona melhor manejo dos resíduos vegetais e melhora o sistema interno de reciclagem de nutrientes, principalmente N, diminuindo as

perdas de  $\text{NO}_3^-$  do ecossistema, que é uma das principais causas de acidificação do solo (PAVAN e CHAVES, 1996).

A maior racionalidade de exploração das plantas no sistema adensado permite maior capacidade de utilização dos recursos disponíveis de água e nutrientes, diminuindo as perdas e melhorando a eficiência do uso de fertilizantes (PAVAN e CHAVES, 1994). O sistema adensado contribui para melhorar a capacidade produtiva do solo através dos aumentos no pH, Ca, Mg, K, P, carbono orgânico (PAVAN e CHAVES, 1996; SANTOS, 1999), estabilidade de agregados, retenção de água e diminuição de Al tóxico (PAVAN e CHAVES, 1996).

Em plantios adensados, o aumento das exigências de minerais não é proporcional ao aumento da população em virtude da utilização mais eficiente dos fertilizantes, pelo maior número de raízes que explora determinado volume de solo, pela maior proteção das raízes absorventes superficiais e pela menor lixiviação dos minerais (CASSIDY e KUMAR, 1984; KUMAR, 1978, 1979; RENA e MAESTRI, 1986). CASSIDY e KUMAR (1984) verificaram que em densidades mais altas as raízes axiais aumentam em número e penetram mais profundamente no solo, porém o crescimento na zona de enraizamento dos cafeeiros adjacentes, na fileira, é bastante restrito, fenômeno semelhante ao crescimento dos ramos plagiotrópicos primários, que são fracos e pouco desenvolvidos onde o sombreamento mútuo é muito pronunciado. Os autores admitem que esses fenômenos estejam associados ao maior teor de giberelinas existentes nas plantas submetidas ao auto-sombreamento. Já nas densidades intermediárias houve um aumento do desenvolvimento das raízes laterais profundas em relação às densidades extremas. Esse fato pode

ser interpretado como um ajustamento das raízes ao volume de solo que lhes é colocado à disposição, possibilitando uma exploração do solo mais completa pelas raízes nos espaçamentos adensados (RENA et al. 1998).

Nos espaçamentos convencionais, a adubação a ser recomendada sempre foi por cova e para os espaçamentos adensados, em que há maior interação entre plantas e melhor aproveitamento dos fertilizantes, seria diminuída a dose a ser aplicada por planta e a recomendação passaria a ser definida por área (RENA et al. 1998). Por isso, as recomendações de adubação de plantio, por cova, nas lavouras adensadas eram geralmente 20 a 50% menores do que nas tradicionais (CFSEMG, 1989, MATIELLO et al., 1994). Porém, BARROS et al. (1996) verificaram que os níveis nutricionais, até a primeira safra, para plantios adensados não devem ser reduzidos; a aplicação do adubo deve ser por planta, ou por metro de sulco, independentemente do espaçamento utilizado, para o melhor desenvolvimento inicial da planta.

Apenas a análise de solo pode ser insuficiente para a avaliação do estado nutricional da lavoura, pois os nutrientes podem estar presentes em quantidades adequadas no solo, porém não estarem disponíveis para a absorção pelas raízes. A análise foliar, por sua vez mostra o “status” nutricional da planta em dado momento, de modo que essa análise, aliada à análise do solo, permite avaliação mais eficiente do estado nutricional da cultura (MARTINEZ et al. 1999). Os mesmos autores afirmam ainda que a faixa crítica de referência para a interpretação dos resultados de análise foliar pode variar com as condições climáticas, face de exposição do terreno, tipo de solo, disponibilidade de água e nutrientes no solo, interação entre nutrientes no solo e na planta, idade da cultura, produção pendente, volume e eficiência

do sistema radicular, declividade do terreno, cultivo prévio, ataque de pragas e doenças, uso de defensivos ou adubos foliares e outras práticas de manejo que influenciam a composição mineral dos tecidos vegetais.

Existem ainda fatores genéticos que proporcionam diferenças nos teores foliares dos elementos minerais, indicando haver diferença entre variedades e entre linhagens na eficiência de absorção, de translocação, ou de utilização do elemento pela planta.

Entre os trabalhos realizados no Brasil envolvendo o cafeeiro, a maioria faz a comparação entre as variedades Mundo Novo e Catuaí. ANDRADE et al. (1974) verificaram maior sensibilidade do Mundo Novo à presença de Cu, quando comparado ao Catuaí, indicando melhor eficiência de absorção e translocação da primeira variedade, pois a segunda retinha maior concentração do elemento na raiz. Esses dados discordam de certa forma dos de ALVARENGA et al. (1979), no qual a variedade Catuaí mostrou teores foliares de Cu e também de Mg, B, e Zn mais elevados que a Mundo Novo. CARDOSO et al. (1992) não observaram diferenças entre mudas dessas variedades em relação aos teores de Cu, B, Mn, Fe, Zn e K, porém a linhagem de Mundo Novo 379-19 apresentou teores mais elevados de N e a linhagem de Catuaí Amarelo 2077-2-5-62 apresentou teores mais elevados de P, Ca, Mg; CORREA e GARCIA (1980) e CORREA et al. (1983, 1984, 1985 e 1986), em uma série de trabalhos, verificaram a extração de nutrientes desses cultivares até os 90 meses após o plantio e concluíram que, de uma maneira geral, o Mundo Novo é mais exigente em nutrientes em relação ao Catuaí, exceção feita ao B, elemento pelo qual o Catuaí tem maior exigência.

Esses resultados concordam com os de GARCIA (1980), que estudando

a extração de nutrientes pelos frutos observou que em relação ao Zn o Mundo Novo retira mais que o Catuaí que, por sua vez, retira mais que o Catimor, ocorrendo o contrário com o B. Concordam também com os resultados de SOUZA et al. (1997) que encontraram maiores taxas de crescimento para mudas de Catuaí com a metade da dose de Zn, via solo, necessária para maiores taxas de crescimento das variedades Mundo Novo e Icatu, indicando maior eficiência de utilização da primeira variedade.

Comparando o Catuaí com linhagens de Catimor, RENA et al. (1983 a e b), verificaram que a linhagem de Catimor UFV 1603, que não manifestava depauperamento, apresentou teores de N maiores e de K menores que a Catuaí. Já PEREIRA (1999) encontrou maiores teores de N na variedade Catuaí, em relação às linhagens de Catimor UFV 2983 (Oeiras MG 6851) e Catimor UFV 3880, na fase de muda, enquanto a última linhagem apresentou os maiores teores de K. No mesmo estudo, aos dois anos e meio após o plantio a variedade Catuaí apresentou os maiores teores foliares de N e K e a linhagem Catimor UFV 2983 apresentou a melhor eficiência de uso, de conversão e agrônômica quanto a esses nutrientes. Em outro trabalho envolvendo linhagens de Catimor MIGUEL et al. (1983) observaram que entre 36 linhagens de Catimor estudadas 21 responderam à pulverização com cobre, 12 não responderam e 3 produziram menos, indicando haver diferença de exigência desse nutriente entre linhagens.

SOUZA (1999) verificou melhor eficiência de utilização do S para a variedade Rubi MG 1192 que para a Catuaí, ambas de porte baixo, e outras de porte alto, porém dependendo do tipo de solo, o coeficiente de utilização biológica das duas variedades citadas não diferiu.



Este trabalho teve como objetivo verificar como os espaçamentos influenciam os teores foliares de macro e micronutrientes, ou seja no "status" nutricional em diferentes variedades de café. Foi feito ainda o desdobramento das correlações desses teores com a produtividade através da análise de trilha para verificar quais os nutrientes mais determinantes na variação da produtividade em cada espaçamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

As condições de local, clima e solo, o delineamento experimental, os tratamentos, a instalação e condução do ensaio foram as descritas no capítulo 1 deste trabalho.

### **2.1. Avaliações**

Aos 21 e 34 meses após o plantio foram coletadas amostras de folhas de acordo com a metodologia citada por BATAGLIA e DECHEN (1986), na qual são retiradas para análise as folhas do 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pares a partir do ápice dos ramos. Foi retirada uma folha por ramo, de quatro ramos por planta (um em cada quadrante) localizado no terço médio da copa.

As análises de nutrientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da UFV.

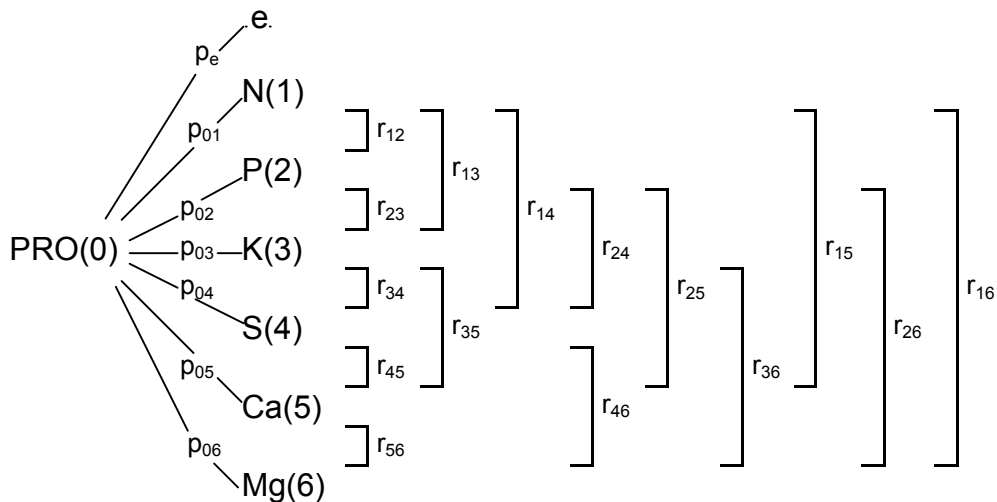
### **2.2. Análise de Trilha**

Foi feita a análise de trilha para cada espaçamento, com a finalidade de verificar quais os nutrientes que influenciaram mais na produtividade em cada um dos sistemas de plantio, nas duas primeiras colheitas. Para processamento

dos dados foi utilizado o PROGRAMA GENES – aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 1997).

Foram feitas duas análises de trilha, uma para os macro e outra para os micronutrientes, para diminuir o número de variáveis explicativas por análise e amenizar os possíveis problemas com multicolinearidade, segundo os seguintes diagramas:

### A - macronutrientes



PRO(0) = produção de grãos beneficiados

N(1) = teor foliar de nitrogênio

P(2) = teor foliar de fósforo

K(3) = teor foliar de potássio

S(4) = teor foliar de enxofre

Ca (5) = teor foliar de cálcio

Mg (6) = teor foliar de magnésio

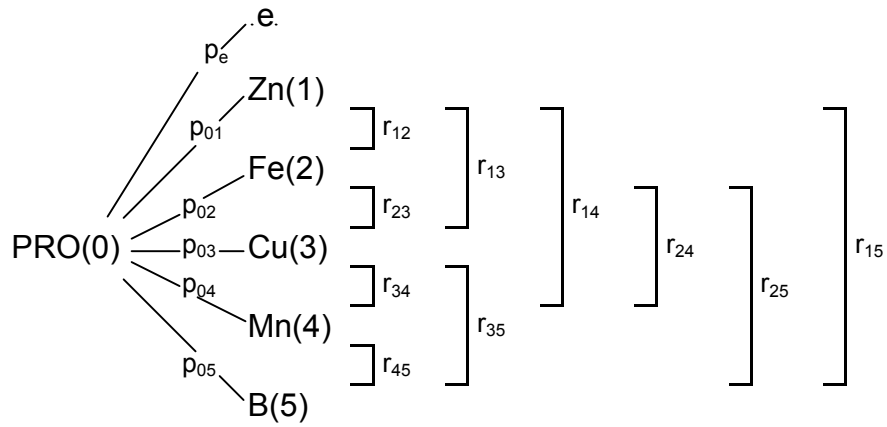
e = erro

p<sub>e</sub> = efeito direto do erro sobre a produção

p<sub>0i</sub> = efeito direto do teor foliar do i-ésimo macronutriente sobre a produção

r<sub>ij</sub> = correlação ente os teores foliares do i-ésimo e j-ésimo macronutriente

## B - micronutrientes



PRO(0) = produção de grãos beneficiados

Zn(1) = teor foliar de zinco

Fe(2) = teor foliar de ferro

Cu(3) = teor foliar de cobre

Mn(4) = teor foliar de manganês

B (5) = teor foliar de boro

e = erro

$p_e$  = efeito direto do erro sobre a produção

$p_{0i}$  = efeito direto do teor foliar do  $i$ -ésimo micronutriente sobre a produção

$r_{ij}$  = correlação ente os teores foliares do  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo micronutriente

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. 21 meses após o plantio

Aos 21 meses após o plantio não houve efeito significativo de espaçamentos nem da interação variedades x espaçamentos ( $P > 0,05$ ) nos teores foliares de nutrientes (Quadro 1), indicando que, até essa idade, não ocorreu diferença na competição por nutrientes em função das diferentes densidades de plantio. Houve diferenças apenas entre variedades ( $P < 0,01$ ) para alguns nutrientes (N, P, S, Mg, Cu).

Não houve diferença entre variedades ( $P > 0,05$ , pelo teste Duncan) nos teores de K, Ca, Zn, Fe e B (Quadro 2).

Todas as variedades apresentaram teores de K acima da faixa crítica de referência. Vale lembrar que essa faixa crítica de referência foi obtida com plantas em fase adulta, em plena produção, com sistema radicular bem mais desenvolvido. PEREIRA (1999) observou maiores teores foliares de K na variedade de Catuaí UFV 2237 que nas linhagens de Catimor UFV 2983 e UFV 3880, apesar de constatar alta eficiência de utilização na Catimor UFV 2983, quando este era escasso. Já RENA et al. (1983 a e b) encontraram maiores teores de K na linhagem de Catimor UFV 1603 (geração anterior à UFV 3880) que na Catuaí Amarelo LCH 2077-2-5-86.

Quadro 1. Análise de variância dos teores foliares de nutrientes aos 21 meses após o plantio, em seis variedades de café em espaçamentos adensados, em Ervália-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio										
		N	P	K	S	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B
Blocos	5	0,15129	0,010726	4,50174	0,0074163	0,13631	0,0082417	9,37698	229,936	40,5590	10989,3	374,944
Variedades	5	0,12637**	0,001043**	0,05629	0,0017922**	0,01946	0,0045912**	0,18236	147,055	11,9400**	6267,3	47,289
Espaçamentos	3	0,01037	0,000280	0,10296	0,0004135	0,00835	0,0025582	0,11822	91,937	1,0045	1182,4	15,633
Variedades x Espaçamentos	15	0,02237	0,000158	0,10179	0,0003934	0,01695	0,0007460	0,29518	259,558	1,3681	7069,1	21,353
Resíduo	115	0,02024	0,000314	0,11411	0,0003042	0,01288	0,0008810	0,36137	294,799	1,9718	5353,8	44,833
CV (%)		4,34	11,29	11,75	12,87	13,05	8,79	10,60	18,18	17,92	28,42	21,35

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Quadro 2. Teores foliares de nutrientes, em seis variedades de café em espaçamentos adensados, aos 21 meses após o plantio em Ervália-MG\*.

Variedades \ Nutrientes	N	P	K	S	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B
	Dag/Kg						mg/Kg				
Catuai Vermelho IAC 44	3,31 ab	0,153 bc	2,79 a	0,127 b	0,84 a	0,32 c	5,6 a	91,7 a	8,9 a	233,6 b	31,8 a
Catuai Vermelho IAC 99	3,28 b	0,161 ab	2,92 a	0,142 a	0,88 a	0,33 bc	5,7 a	91,0 a	8,1 ab	266,3 ab	32,4 a
Rubi MG 1192	3,38 a	0,165 a	2,60 a	0,137 ab	0,88 a	0,33 bc	5,6 a	97,0 a	8,0 b	276,2 a	33,4 a
Katipó	3,28 b	0,157 ab	2,91 a	0,137 ab	0,88 a	0,36 a	5,6 a	96,1 a	7,3 bc	269,4 ab	30,1 a
Oeiras MG 6851	3,26 b	0,160 ab	2,86 a	0,142 a	0,89 a	0,35 ab	5,8 a	96,2 a	7,8 b	245,1 ab	30,9 a
Catimor UFV 3880	3,16 c	0,146 c	2,87 a	0,129 b	0,84 a	0,34 bc	5,7 a	94,8 a	6,8 c	254,0 ab	29,7 a
CV%	4,34	11,29	11,75	12,87	13,05	8,78	10,60	18,18	17,92	28,42	21,35
Referência.**	2,7 - 3,2	0,15 - 0,20	1,9 - 2,4	0,15 - 0,20	1,0 - 1,4	0,31- 0,36	8 - 16	90 - 180	8 - 16	120 - 210	59 - 80

\*as médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*faixa crítica de referência considerada adequada para interpretação dos resultados da análise foliar em café, segundo MARTINEZ et al. (1999).

Já os teores de Ca, Zn e B, ficaram abaixo da faixa crítica de referência, enquanto o de Fe ficou dentro da faixa considerada adequada.

Em relação aos nutrientes N e P, a variedade Rubi MG 1192 foi a que apresentou os maiores teores foliares, não diferindo da Catuaí Vermelho IAC 44 em relação ao N e da Catuaí Vermelho IAC 99, Katipó e Oeiras MG 6851, em relação ao P, indicando melhor eficiência de absorção e/ou translocação desses elementos, uma vez que todas as variedades apresentaram desenvolvimento vegetativo e área foliar semelhantes (ver capítulo 2), porém todas as variedades apresentaram teores de N próximos ao limite superior e de P próximos ao limite inferior da faixa crítica de referência. PEREIRA (1999) apesar de não encontrar diferença entre os teores foliares de N entre as linhagens de Catimor UFV 2983 e UFV 3880 e a de Catuaí UFV 2237, constatou melhor eficiência de utilização para a Catimor 2983, semelhantemente ao que ocorreu em relação ao K. Já RENA et al. (1983 a e b) encontraram teores foliares de N na Catimor UFV 1603 menores que na Catuaí Amarelo LCH 2077-2-5-86, o contrário do que aconteceu em relação ao K. Em relação ao P os autores não encontraram diferença entre cultivares.

Para o elemento S, houve uma diferença significativa entre as linhagens de Catuaí: enquanto a Catuaí Vermelho IAC 99, junto com a Oeiras MG 6851 foi a que apresentou os maiores teores, a linhagem Catuaí Vermelho IAC 44 junto com a Catimor UFV 3880 apresentaram os teores mais baixos, porém todas as variedades apresentaram teores abaixo da faixa crítica de referência. SOUZA (1999) verificou que houve diferença entre variedades nos teores foliares de S, dependendo do tipo de solo e da quantidade de S disponível no solo, e a variedade Rubi MG1192 apresentou melhor eficiência de utilização



de S em relação ao Catuaí.

Os maiores teores foliares de Mg foram encontrados nas variedades Katipó, que não diferiu da Oeiras MG 6851. Os teores foliares ficaram dentro do intervalo da faixa de referência.

Em relação ao Cu, as linhagens de Catuaí apresentaram os maiores teores e a Katipó e a Catimor UFV 3880 os menores, sendo que as últimas apresentaram teores um pouco abaixo da faixa crítica de referência. ANDRADE et al. (1974) relatam que a Catuaí tem uma boa capacidade de reter esse elemento na raiz, sendo menos sensível a níveis tóxicos. No presente estudo ficou demonstrado também que as linhagens de Catuaí têm uma maior capacidade de absorção e/ou translocação desse elemento em caso de deficiência.

Os teores de Mn encontraram-se acima da faixa crítica de referência. Só houve diferença entre os teores da Rubi MG 1192 (mais alto) e a Catuaí Vermelho IAC 44 (mais baixo). RAMOS e LIMA (1978) verificaram que a área foliar foi a característica mais afetada pela toxidez de Mn e que para os mesmos níveis, a análise foliar não mostrou diferenças no teor desse elemento entre cultivares.

## **3.2. 34 meses após o plantio**

### **3.2.1. Efeito de variedades**

Nessa época de amostragem houve efeito de variedade para todos os nutrientes ( $P < 0,05$ ) com exceção feita ao Fe (Quadro 3). Os teores de nutrientes que não apresentaram efeito significativo da interação Variedades x Espaçamentos ( $P > 0,05$ ) são apresentados no Quadro 4.

Quadro 3. Análise de variância dos teores foliares de nutrientes aos 34 meses após o plantio, em seis variedades de café e quatro espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio										
		N	P	K	S	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B
Blocos	5	0,17183	0,0007328	0,10937	0,0003282	0,02479	0,005763	2,69728	339,875	30,3159	15757,7	75,3875
Variedades	5	0,27861**	0,0017551*	0,12316*	0,0021214**	0,15673**	0,044051**	5,49574**	367,028	25,5805**	27370,3**	474,8420**
Espaçamentos	3	0,05737	0,0050093**	0,11936*	0,0016436**	0,00421	0,015642*	3,64292	364,865	5,0655	4242,6	121,6512
Variedades x Espaçamentos	15	0,10524*	0,0001826	0,11406**	0,0005484*	0,03293	0,002948	2,42165	294,355	3,4201	10221,2*	47,1154
Resíduo	115	0,05551	0,0002268	0,04163	0,0002548	0,02694	0,004407	1,62152	447,976	4,2245	5755,9	73,4920
CV (%)		7,43	11,55	10,90	10,43	14,81	14,69	21,94	19,34	15,69	29,08	19,38

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Quadro 4. Teores foliares de P, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e B, em seis variedades de café e quatro espaçamentos entre fileiras, aos 34 meses após o plantio, em Ervália-MG\*.

Variedade\ Nutriente	P	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	B
Catuaí Vermelho IAC 44	0,143 a	1,12 ab	0,41 de	6,2 ab	111,1 a	13,4 a	47,4 ab
Catuaí Vermelho IAC 99	0,137 ab	1,13 ab	0,44 cd	5,4 b	111,1 a	13,8 a	48,6 a
Rubi MG 1192	0,130 bc	0,98 c	0,40 e	5,5 b	113,9 a	13,2 a	46,4 ab
Katipó	0,129 bc	1,13 ab	0,49 ab	5,5 b	110,2 a	13,2 a	44,5 ab
Oeiras MG 6851	0,121 c	1,22 a	0,50 a	6,6 a	107,6 a	14,0 a	42,1 b
Catimor UFV 3880	0,122 c	1,07 bc	0,47 abc	5,7 b	102,6 a	11,1 b	36,4 c
CV%	11,55	14,81	14,69	8,42	19,34	15,69	19,38
Referência**	0,15 - 0,20	1,0 - 1,4	0,31 - 0,34	8 - 16	90 - 180	8 - 16	59 - 80

\* as médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* faixa crítica de referência para interpretação dos resultados da análise foliar em café, segundo MARTINEZ (1999).

Verifica-se que os teores de P diminuíram em relação à amostragem aos 21 meses após o plantio, ficando abaixo da faixa crítica de referência. Isso se deve ao fato do maior volume do sistema radicular presente em área exterior à cova de plantio, local onde estava concentrado o adubo fosfatado. As linhagens de Catuaí foram as que apresentaram os maiores teores e a Catimor 3880 e a Oeiras MG 6851, os menores, indicando melhor capacidade de absorção e/ou translocação das primeiras quando esse elemento encontra-se pouco disponível no solo.

Os teores de Ca e Mg aumentaram consideravelmente em relação à amostragem anterior, provavelmente devido ao maior tempo de reação do calcário no solo e devido também a uma calagem superficial realizada entre as duas amostragens. Os teores de Ca ficaram dentro do faixa crítica de referência. Apenas o teor de Ca da variedade Rubi MG 1192 ficou um pouco abaixo desse valor, indicando menor eficiência de absorção e/ou translocação

desse nutriente para essa variedade. Já os teores de Mg ficaram acima do intervalo e a Katipó, a Oeiras MG 6851 e a Catimor UFV 3880 foram as variedades que apresentaram os maiores teores e novamente a Rubi MG 1192 junto com a Catuaí Vermelho IAC 44 apresentaram os menores teores.

Quanto ao Zn, os teores praticamente não se alteraram em relação à amostragem anterior, porém nesta última o teor da variedade Oeiras MG 6851 foi superior aos demais, igualando-se apenas ao da Catuaí Vermelho IAC 44, indicando que a primeira variedade pode ter uma melhor eficiência de absorção e/ou translocação desse elemento, quando esse é pouco disponível no solo.

A Catimor UFV 3880 apresentou os menores teores foliares de Cu e de B. De um modo geral, esses teores aumentaram em relação à amostragem anterior. Os teores de Cu ficaram dentro do intervalo de referência, enquanto os de B continuaram abaixo desse intervalo.

Os teores de nutrientes que apresentaram interação significativa de variedades com espaçamentos encontram-se no Quadro 5.

Verifica-se que a diferença entre variedades para os teores de N e S são menores para o espaçamento mais largo (2,5 m). Isso indica que as variedades comportam-se de maneira diferenciada, em relação a absorção desses nutrientes, diante das vantagens oferecidas pelo adensamento como a menor oxidação da matéria orgânica e maior reciclagem de nutrientes (PAVAN e CHAVES, 1996) e a melhor exploração do volume do solo nos plantios mais adensados (CASIDY e KUMAR, 1984; RENA et al. 1998). Para os teores de N, nos três espaçamentos mais adensados (1,0; 1,5 e 2,0 m) observa-se que as linhagens de Catuaí e a variedade Oeiras MG 6851 foram as que se destacaram, enquanto a Catimor UFV 3880 apresentou os menores valores

Quadro 5. Teores foliares de N, K, S e Mn, em seis variedades de café e quatro espaçamentos entre fileiras, aos 34 meses após o plantio, em Ervália-MG\*.

Nutrientes	N (dag/Kg)				K (dag/Kg)			
	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Variedades\Espaçamentos	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Catuaí Vermelho IAC 44	3,37 a	3,30 ab	3,13 ab	3,27 a	2,13 a	1,95 a	1,96 a	1,82 ab
Catuaí Vermelho IAC 99	3,19 abc	3,55 a	3,26 ab	3,25 a	1,98 ab	1,95 a	1,93 ab	2,02 a
Rubi MG 1192	3,08 abc	3,07 bc	3,09 ab	3,26 a	1,79 bc	1,93 a	1,83 ab	1,70 b
Katipó	3,07 bc	3,11 bc	2,96 b	3,22 a	2,12 a	1,77 a	1,68 b	1,79 ab
Oeiras MG 6851	3,23 ab	3,21 bc	3,37 a	2,99 a	2,03 ab	1,83 a	1,78 ab	1,63 b
Catimor UFV 3880	2,93 c	3,00 c	2,96 b	3,23 a	1,63 c	1,84 a	1,99 a	1,89 ab
CV%	7,43				10,90			
Referência	2,7 - 3,2				1,9 - 2,4			

Nutrientes	S (dag/Kg)				Mn (mg/Kg)			
	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Variedades\Espaçamentos	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Catuaí Vermelho IAC 44	0,179 c	0,185 b	0,195 bc	0,200 ab	231,3 a	213,1 ab	304,1 a	265,2 ab
Catuaí Vermelho IAC 99	0,193 bc	0,201 ab	0,244 a	0,213 ab	279,8 a	297,1 a	337,2 a	319,8 a
Rubi MG 1192	0,204 ab	0,197 b	0,214 b	0,206 ab	292,3 a	233,7 ab	192,7 b	286,4 ab
Katipó	0,197 bc	0,219 a	0,194 bc	0,213 ab	195,0 a	194,1 b	177,8 b	261,3 ab
Oeiras MG 6851	0,221 a	0,201 ab	0,209 b	0,220 a	249,6 a	298,2 a	295,1 a	217,2 b
Catimor UFV 3880	0,198 bc	0,190 b	0,188 c	0,198 b	261,7 a	280,3 a	340,1 a	238,9 ab
CV%	10,43				29,08			
Referência	0,15 - 0,20				120 - 210			

\* as médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* faixa crítica de referência para interpretação dos resultados da análise foliar em café, para a região de Viçosa, segundo MARTINEZ (1999).

para essa variável; os teores de N, ficaram próximos do limite superior da faixa crítica de referência e próximos também aos da amostragem anterior.

Os teores de S, de um modo geral, ficaram próximos do limite superior da faixa crítica de referência em todas as densidades de plantio, aumentando consideravelmente em relação à amostragem anterior. As variedades que apresentaram os maiores teores de S foram a Oeiras MG 6851 e a Catuaí Vermelho IAC 99, com exceção feita a Catuaí Vermelho IAC 99 no espaçamento de 1,0 m e a Oeiras MG 6851 no de 2,0 m.

Em relação ao K, a diferença de resposta entre variedades diante das vantagens proporcionadas pelo adensamento ficou mais restrita ao espaçamento de 1,0 m, no qual a variedade Catuaí Vermelho IAC 44 e a Katipó apresentaram os maiores teores, junto com a Oeiras MG 6851 e a Catuaí Vermelho IAC 99. No espaçamento de 1,5 m não houve diferença entre variedades e nos demais espaçamentos (2,0 e 2,5 m) essas diferenças foram menos evidentes. Os teores de K ficaram próximos ao limite inferior da faixa crítica de referência, com valores bem abaixo dos obtidos na amostragem aos 21 meses.

Os teores foliares de Mn entre variedades não apresentaram diferenças muito marcantes, provavelmente devido ao coeficiente de variação relativamente alto (29,08), sendo que no menor espaçamento (1,0 m) não foi encontrada diferença significativa. Porém os teores mais baixos observados para a variedade Katipó, mais evidentes nos espaçamentos intermediários (1,5 e 2,0 m), mostram um potencial de seleção para tolerância à toxidez de Mn. Os teores foliares de Mn mantiveram-se, de modo geral, nos mesmos níveis do ano anterior.

### **3.2.2. Efeito de espaçamento**

Houve efeito de espaçamentos ( $P < 0,05$ ) apenas para os teores dos macronutrientes P, K, S, Mg (Quadro 3). O teor foliar de nenhum micronutriente foi afetado ( $P > 0,05$ ).

Conforme a Figura 1, verifica-se que houve comportamento diferenciado das variedades para os teores foliares de P, em relação ao adensamento. Esses teores aumentaram linearmente para as linhagens de Catuaí Vermelho

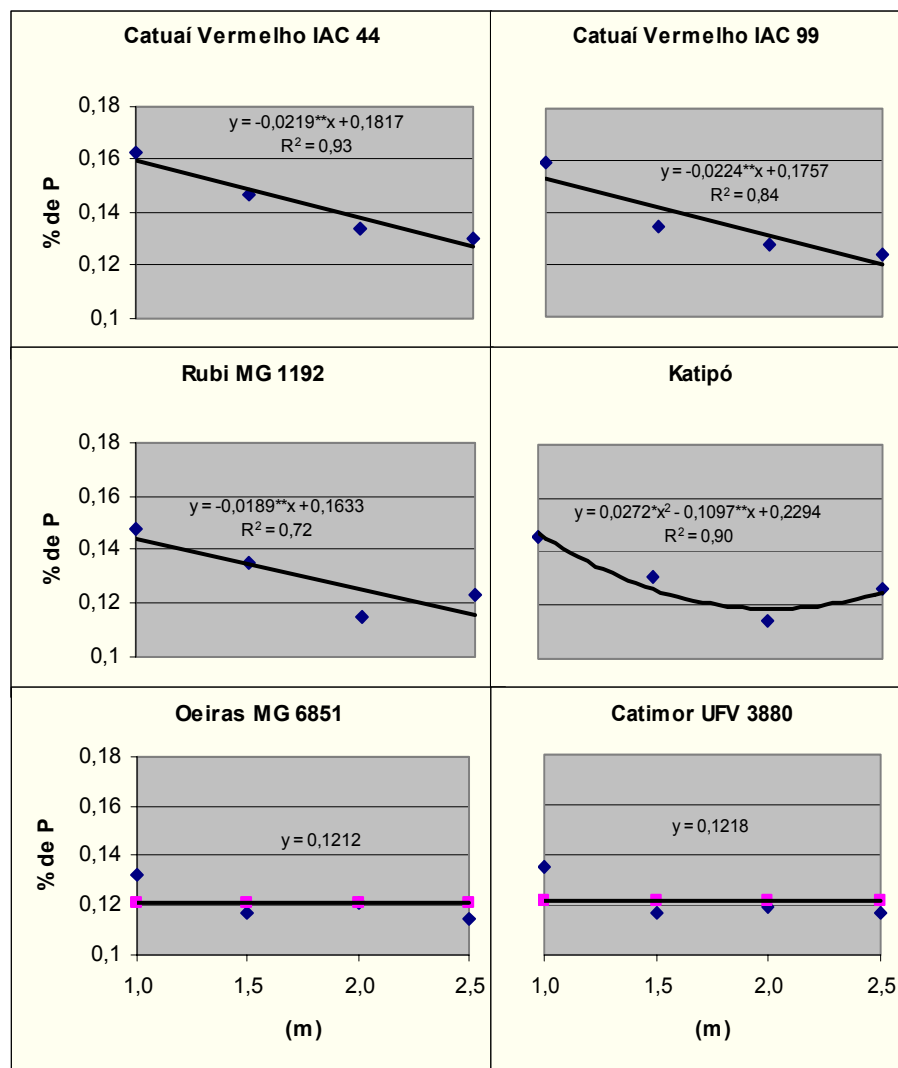


Figura 1. Teor foliar de fósforo em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 34 meses após o plantio, em função do espaçamento entre fileiras em Ervália-MG.

e para a variedade Rubi MG 1192, com o adensamento. Já para a Katipó diminuiu de forma quadrática, com o aumento do espaçamento, atingindo um mínimo em torno do espaçamento de 2,0 m. Para a Catimor 3880 e para a Oeiras MG 6851 não houve efeito de espaçamentos. PAVAN e CHAVES (1996) e SANTOS (1999), observaram aumentos da disponibilidade de P no solo com o aumento da densidade de plantio. Os primeiros autores justificam esse incremento através do aumento do grau de micorrização das plantas e do aumento de pH que por sua vez diminui a complexação com óxidos de Fe e Al.

Somente as variedades Katipó e Oeiras MG 6851 apresentaram efeito de espaçamento sobre os teores foliares de K (Figura 2). A primeira, a semelhança do que aconteceu com os teores de P, diminuiu de forma quadrática com o aumento do espaçamento, atingindo um valor mínimo, em torno do espaçamento de 2,0 m. A segunda aumentou linearmente com o adensamento. Aumentos na disponibilidade de K no solo sob cultivos adensados de cafeeiro são justificados por PAVAN e CHAVES (1996) através do aumento da eficiência da reciclagem de nutrientes e menores perdas por lixiviação.

A Figura 3 ilustra o efeito de espaçamento sobre os teores de Mg. Nota-se que, a semelhança ao que aconteceu com os teores de K, somente as variedades Katipó e Oeiras MG 6851 tiveram efeito de adensamento sobre os teores daquele elemento. Porém com o aumento do espaçamento, os teores foliares de Mg aumentaram linearmente, fato contrário ao que aconteceu com os teores de K, indicando um antagonismo entre esses dois nutrientes. PAVAN e CHAVES (1996) e SANTOS (1999) obtiveram acréscimos significativos na disponibilidade de Mg e também de Ca no solo com o aumento da densidade



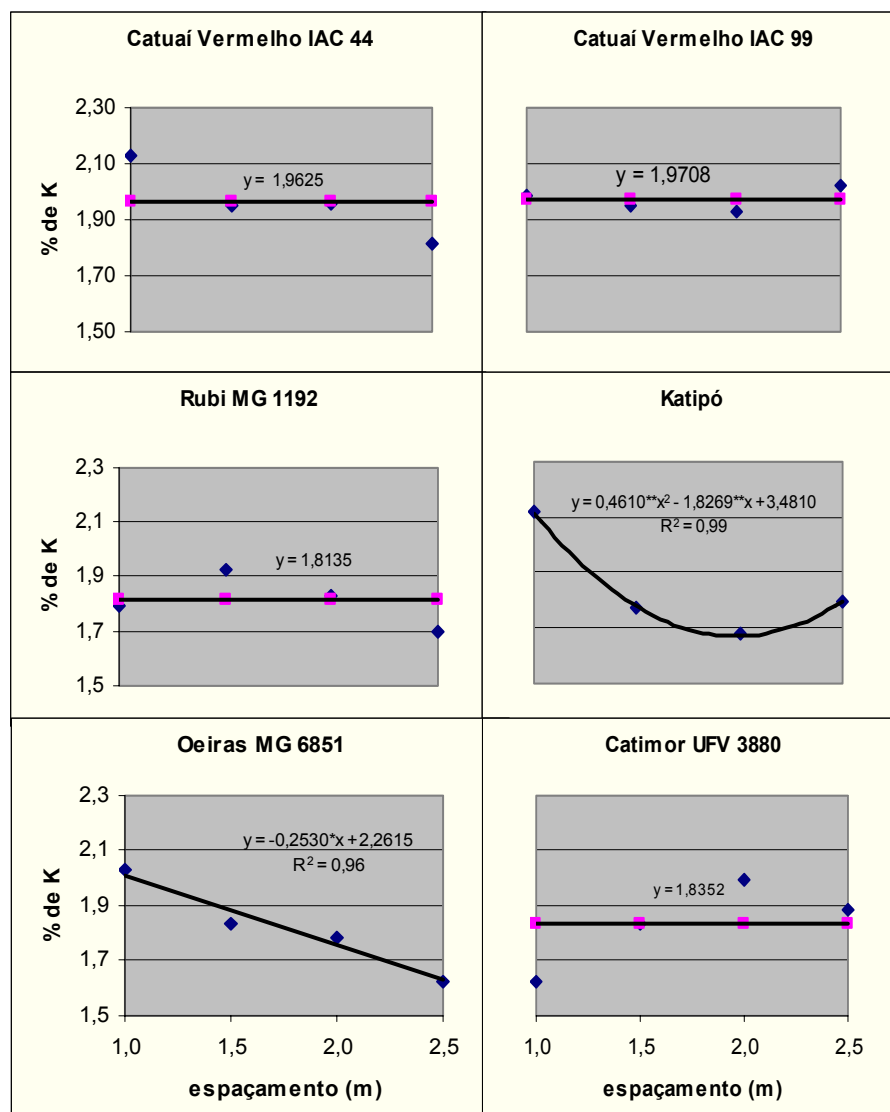


Figura 2. Teor foliar de potássio em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 34 meses após o plantio, em função do espaçamento entre fileiras em Ervália-MG.

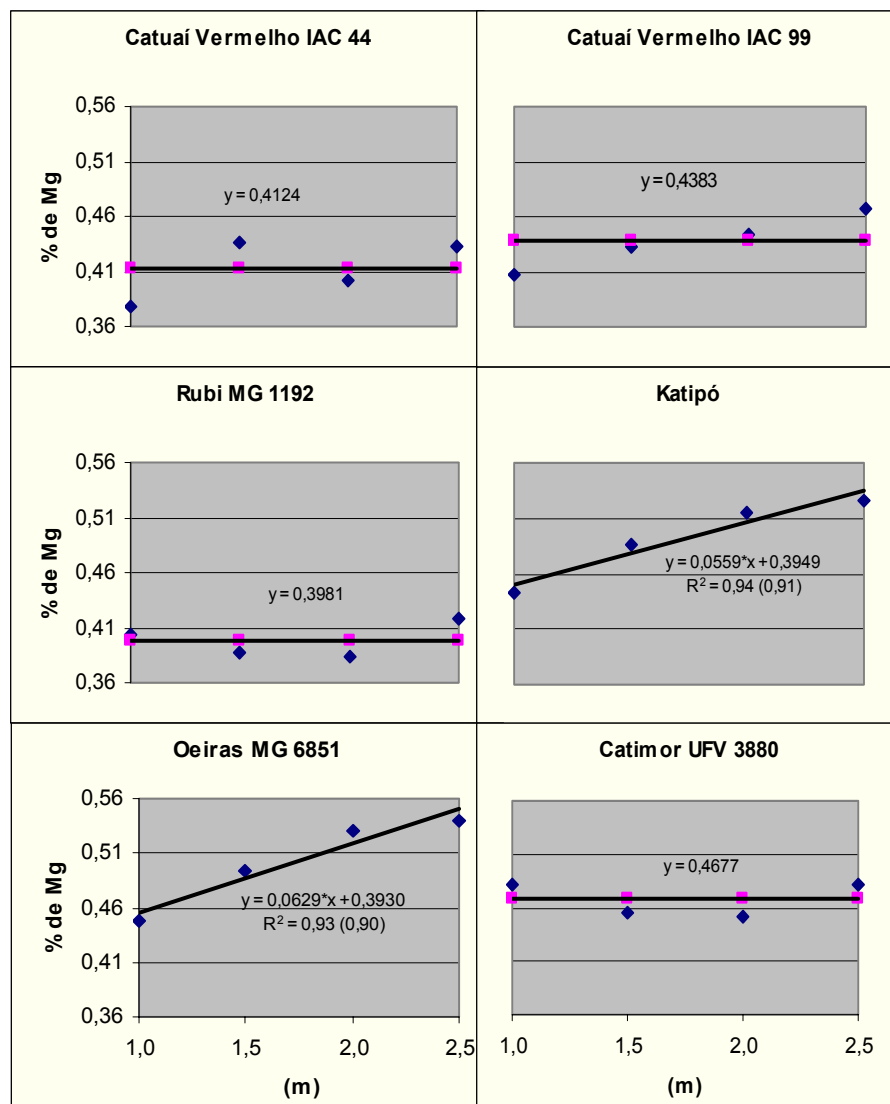


Figura 3. Teor foliar de magnésio em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 34 meses após o plantio, em função do espaçamento entre fileiras em Ervália-MG.

de plantio pelo mesmo motivo da disponibilidade de K. Porém no presente estudo, o Ca e Mg foram fornecidos através de calagem em área total. Dessa forma, as plantas no maior espaçamento possuem maior área por unidade de raízes e conseqüentemente um maior reservatório desses nutrientes, o que justifica esse incremento nos teores foliares de Mg com o aumento de espaçamento. Era esperado o mesmo para os teores foliares de Ca, mas isso não foi observado, indicando que nessa situação, essas variedades poderiam possuir afinidade para absorver ou translocar mais o Mg que o Ca.

### **3.3. Estudo das correlações entre produtividade e teor foliar de nutrientes através da análise de trilha**

Mesmo separando os nutrientes em macro e micronutrientes, foi constatada durante a análise de trilha a presença de multicolinearidade severa, comprometendo os resultados. Para atenuar esse efeito adverso, utilizou-se o método proposto por Carvalho (1994), citado por CRUZ (1997), que consiste em adicionar uma constante K na diagonal da matriz de correlação entre as variáveis explicativas de modo a obter estimativas dos efeitos diretos e indiretos mais apropriadas. Feita essa correção selecionaram-se os dois macro e os dois micronutrientes que apresentavam a correlação semelhante em sinal e magnitude com o efeito direto o que evidencia que a variável selecionada é determinante das variações na variável básica (produção). Selecionados esses quatro nutrientes, obteve-se as equações de regressão múltipla.

### 3.3.1. Primeira colheita (1998)

A análise de trilha para os macronutrientes, nessa época e amostragem encontra-se no Quadro 6.

Para o espaçamento de 1,0 m, as variáveis que apresentaram as condições para serem selecionadas foram o P, com efeito direto positivo, e o K, com efeito negativo. Deve-se ainda ressaltar os efeitos diretos negativos das variáveis N e Mg, que apesar de não superarem o efeito residual, atingiram valores bem próximos daqueles das variáveis selecionadas.

Nesse mesmo espaçamento, os micronutrientes selecionados foram Zn e Mn, o primeiro com efeito altamente positivo e o segundo com efeito negativo (Quadro 7). Agrupando-se essas quatro variáveis (P, K, Zn e Mn), o problema com multicolinearidade continuou a existir, segundo análise de trilha (Quadro 8). Os efeitos diretos de todas elas diminuíram, com exceção ao Mn que aumentou. Dentre as equações de regressão múltipla que melhor explicaram a variação na produtividade para esse espaçamento (Quadro 9) destacam-se os modelos  $Y_{2;1,0}$  que englobam as variáveis P, K e Mn ( $R^2=0,91$ ), e o modelo  $Y_{10;1,0}$  que engloba apenas as variáveis Zn e Mn ( $R^2=0,90$ ). Nota-se que quando o Zn está presente no modelo, apenas a variável Mn tem significância uma vez que acrescentando uma das outras variáveis no modelo (P ou K) o valor do  $R^2$  praticamente não se altera. Ficou evidente nesse espaçamento a deficiência de Zn, no solo em questão, limitando a produtividade do cafeeiro e em segundo plano, uma indicação de início de toxidez de Mn.

Quadro 6. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de macronutrientes), sobre a variável principal produtividade da primeira colheita (1998), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
N	Direto	-0,4310	0,1224	0,9437	0,4687
	Indireto via P	0,3128	-0,4170	-0,3325	0,1717
	Indireto via K	0,0268	-0,0576	-0,0671	0,4113
	Indireto via S	0,0132	-0,0660	0,0662	-0,1205
	Indireto via Ca	0,1371	0,7760	0,0091	0,0993
	Indireto via Mg	-0,0666	0,0332	-0,0180	-0,3155
	<b>Total</b>	<b>-0,0389</b>	<b>0,3988*</b>	<b>0,6577**</b>	<b>0,7530**</b>
P	Direto	0,4701	-0,9477	0,3975	0,2630
	Indireto via N	-0,2868	0,0538	0,7892	0,3060
	Indireto via K	0,1165	0,1063	-0,0852	0,2522
	Indireto via S	0,0357	-0,1329	0,1494	-0,3171
	Indireto via Ca	0,1451	1,0655	-0,0750	0,0366
	Indireto via Mg	-0,0167	-0,0496	0,0416	0,0200
	<b>Total</b>	<b>0,4981**</b>	<b>0,0344</b>	<b>0,3987*</b>	<b>0,5919**</b>
K	Direto	-0,4074	0,1841	-0,1207	-0,6869
	Indireto via N	0,0284	-0,0383	0,5249	-0,2807
	Indireto via P	-0,1345	-0,5470	-0,2807	-0,0966
	Indireto via S	-0,0653	-0,1103	0,1118	0,4655
	Indireto via Ca	-0,0840	0,3136	0,0211	0,0086
	Indireto via Mg	0,0277	-0,1293	0,0874	0,1557
	<b>Total</b>	<b>-0,6645**</b>	<b>-0,3151</b>	<b>0,3367*</b>	<b>-0,4901**</b>
S	Direto	0,0761	-0,2420	0,1931	-0,6408
	Indireto via N	-0,0751	0,3336	0,3233	0,0882
	Indireto via P	0,2206	-0,5205	-0,3075	0,1301
	Indireto via K	0,3493	0,0839	-0,0698	0,4991
	Indireto via Ca	0,1468	0,7983	-0,1757	-0,0251
	Indireto via Mg	-0,2065	-0,1219	0,1554	0,1360
	<b>Total</b>	<b>0,5167**</b>	<b>0,0156</b>	<b>0,1304</b>	<b>0,1355</b>
Ca	Direto	0,1978	1,2916	-0,2721	-0,2358
	Indireto via N	-0,2988	0,0735	-0,0317	-0,1975
	Indireto via P	0,3449	-0,7816	-0,1095	-0,0408
	Indireto via K	0,1729	0,0447	0,0938	0,0251
	Indireto via S	0,0565	-0,1496	0,1247	-0,0682
	Indireto via Mg	-0,2733	-0,0195	0,2862	0,1541
	<b>Total</b>	<b>0,2143</b>	<b>0,5417**</b>	<b>-0,0092</b>	<b>-0,3820*</b>
Mg	Direto	-0,4233	-0,1645	0,3940	0,4569
	Indireto via N	-0,0678	-0,0247	-0,0430	-0,3236
	Indireto via P	0,0185	-0,2859	-0,0419	0,0173
	Indireto via K	0,0267	0,1447	-0,0268	-0,2341
	Indireto via S	0,0371	-0,1794	0,0762	-0,1907
	Indireto via Ca	0,1277	0,1528	-0,1977	-0,0795
	<b>Total</b>	<b>-0,3118</b>	<b>-0,3679*</b>	<b>0,1841</b>	<b>-0,3166</b>
Valor de k	0,0726	0,0640	0,0597	0,0812	
R <sup>2</sup>	0,7353	0,7146	0,5217	0,7038	
Resíduo	0,5145	0,5343	0,6916	0,5442	
Determinante	0,011348	0,011606	0,008892	0,035875	

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 7. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de micronutrientes), sobre a variável principal produtividade da primeira colheita (1998), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
Zn	Direto	0,7685	-0,5214	-0,2931	0,5683
	Indireto via Fe	-0,0388	0,4222	-0,1911	-0,0461
	Indireto via Cu	0,0213	0,0312	-0,0206	0,1563
	Indireto via Mn	-0,0140	0,0069	0,0604	-0,4823
	Indireto via B	0,0607	-0,0022	0,2877	-0,0215
	<b>Total</b>	<b>0,8535**</b>	<b>-0,1035</b>	<b>-0,1529</b>	<b>0,2038</b>
Fe	Direto	0,0684	-0,9448	0,1997	0,2098
	Indireto via Zn	-0,4359	0,2330	0,2511	-0,1249
	Indireto via Cu	-0,0623	-0,0371	0,0757	-0,5733
	Indireto via Mn	0,0610	0,2607	-0,1126	0,3287
	Indireto via B	0,0482	0,0156	-0,1122	-0,1678
	<b>Total</b>	<b>-0,3157</b>	<b>-0,5452**</b>	<b>0,3126</b>	<b>-0,3168</b>
Cu	Direto	0,1308	0,0955	0,5249	0,7101
	Indireto via Zn	0,1253	-0,1703	0,0115	0,1251
	Indireto via Fe	-0,0325	0,3673	0,0288	-0,1694
	Indireto via Mn	0,1676	-0,0015	0,0777	-0,0003
	Indireto via B	-0,0344	-0,0312	-0,4216	0,0686
	<b>Total</b>	<b>0,3663*</b>	<b>0,2671</b>	<b>0,2506</b>	<b>0,7706**</b>
Mn	Direto	-0,3369	0,3185	0,3234	-0,7315
	Indireto via Zn	0,0318	-0,0112	-0,0547	0,3747
	Indireto via Fe	-0,0124	-0,7733	-0,0695	-0,0943
	Indireto via Cu	-0,0650	-0,0004	0,1262	0,0003
	Indireto via B	0,0300	0,0059	-0,3588	0,1398
	<b>Total</b>	<b>-0,3772*</b>	<b>-0,4361**</b>	<b>-0,0156</b>	<b>-0,3484*</b>
B	Direto	0,1380	-0,0346	-0,6450	0,2601
	Indireto via Zn	0,3380	-0,0326	0,1307	-0,0469
	Indireto via Fe	0,0239	0,4252	0,0347	-0,1354
	Indireto via Cu	-0,0326	0,0861	0,3431	0,1873
	Indireto via B	-0,0732	-0,0543	0,1799	-0,3931
	<b>Total</b>	<b>0,4040*</b>	<b>0,3869*</b>	<b>0,0077</b>	<b>-0,1151</b>
Valor de k	0,0726	0,0768	0,0554	0,0515	
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,8650</b>	<b>0,4423</b>	<b>0,2288</b>	<b>0,8215</b>	
Resíduo	0,3674	0,7468	0,8782	0,4225	
Determinante	0,138435	0,049684	0,053388	0,031569	

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 8. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de nutrientes), sobre a variável principal produtividade da primeira colheita (1998), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Espaçamento 1,0 m			Espaçamento 1,5 m		
Variável	Efeito	Estimativa	Variável	Efeito	Estimativa
P	direto	0,3302	P	direto	-0,7471
	Indireto via K	0,0662		Indireto via Ca	1,0454
	Indireto via Zn	0,3257		Indireto via Zn	0,0357
	Indireto via Mn	-0,2423		Indireto via Fe	-0,2996
	<b>Total</b>	<b>0,4981**</b>		<b>Total</b>	<b>0,0344</b>
K	Direto	-0,2314	Ca	Direto	1,2676
	Indireto via P	-0,0945		Indireto via P	-0,6161
	Indireto via Zn	-0,3186		Indireto via Zn	0,0458
	Indireto via Mn	-0,0072		Indireto via Fe	-0,1556
	<b>Total</b>	<b>-0,6645**</b>		<b>Total</b>	<b>0,5417**</b>
Zn	Direto	0,4198	Zn	Direto	-0,1552
	Indireto via P	0,2562		Indireto via P	0,1717
	Indireto via K	0,1756		Indireto via Ca	-0,3738
	Indireto via Mn	-0,0214		Indireto via Fe	0,2538
	<b>Total</b>	<b>0,8535**</b>		<b>Total</b>	<b>-0,1035</b>
Mn	Direto	-0,5173	Fe	Direto	-0,5678
	Indireto via P	0,1547		Indireto via P	-0,3942
	Indireto via K	-0,0032		Indireto via Ca	0,3473
	Indireto via Zn	0,0174		Indireto via Zn	0,0694
	<b>Total</b>	<b>-0,3773*</b>		<b>Total</b>	<b>-0,5452**</b>
Valor de k	0,0554	Valor de k	0		
R <sup>2</sup>	<b>0,8717</b>	R <sup>2</sup>	<b>0,9866</b>		
Resíduo	0,3582	Resíduo	0,1158		
Determinante	0,099538	Determinante	0,141077		
Espaçamento 2,0 m			Espaçamento 2,5 m		
Variável	Efeito	Estimativa	Variável	Efeito	Estimativa
N	Direto	0,5401	N	Direto	0,6198
	Indireto via P	0,1808		Indireto via K	-0,1769
	Indireto via Cu	0,1101		Indireto via Cu	0,2645
	Indireto via B	-0,2032		Indireto via Mn	0,0298
	<b>Total</b>	<b>0,6577**</b>		<b>Total</b>	<b>0,7530**</b>
P	Direto	0,2156	K	Direto	0,2954
	Indireto via N	0,4517		Indireto via N	-0,3712
	Indireto via Cu	0,1014		Indireto via Cu	0,0648
	Indireto via B	-0,3824		Indireto via Mn	-0,3570
	<b>Total</b>	<b>0,3987*</b>		<b>Total</b>	<b>-0,4901**</b>
Cu	Direto	0,2691	Cu	Direto	0,3688
	Indireto via N	0,2211		Indireto via N	0,4445
	Indireto via P	0,0815		Indireto via K	-0,0519
	Indireto via B	-0,3359		Indireto via Mn	-0,0002
	<b>Total</b>	<b>0,2506</b>		<b>Total</b>	<b>0,7706**</b>
B	Direto	-0,5140	Mn	Direto	-0,5072
	Indireto via N	0,2135		Indireto via N	-0,0364
	Indireto via P	0,1608		Indireto via K	0,2079
	Indireto via Cu	0,1759		Indireto via Cu	0,0002
	<b>Total</b>	<b>0,0077</b>		<b>Total</b>	<b>-0,3484*</b>
Valor de k	0,0554	Valor de k	0,0255		
R <sup>2</sup>	<b>0,5049</b>	R <sup>2</sup>	<b>0,7829</b>		
Resíduo	0,7037	Resíduo	0,4660		
Determinante	0,079176	Determinante	0,080970		

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 9. Equações de regressão linear múltipla, calculadas pela metodologia de análise de trilha, para a produtividade da primeira colheita (1998) de seis variedades de café, em quatro espaçamento entre fileiras, em função dos teores foliares de nutrientes, em Ervália-MG.

Produtividade estimada	Espaçamento				R2
	1,0 m				
	Variáveis				
	P	K	Zn	Mn	
Y <sub>1;1,0</sub> =	-0,836	0,557	1,925		0,86
Y <sub>2;1,0</sub> =	0,694	-0,456		-0,696	0,91
Y <sub>3;1,0</sub> =	0,079		0,811	-0,448	0,90
Y <sub>4;1,0</sub> =		0,005	0,874	-0,413	0,90
Y <sub>5;1,0</sub> =	0,335	-0,596			0,54
Y <sub>6;1,0</sub> =	-0,412		1,173		0,80
Y <sub>7;1,0</sub> =	0,865			-0,782	0,73
Y <sub>8;1,0</sub> =		-0,040	0,823		0,73
Y <sub>9;1,0</sub> =		-0,659	-0,368		0,58
Y <sub>10;1,0</sub> =			0,871	-0,413	0,90
	Espaçamento				
	1,5 m				
	Variáveis				
	P	Ca	Zn	Fe	
Y <sub>1;1,5</sub> =	-0,747	1,268	-0,155	-0,5668	0,99
Y <sub>2;1,5</sub> =	-1,292	1,631	0,081		0,83
Y <sub>3;1,5</sub> =	-0,840	1,365		-0,476	0,97
Y <sub>4;1,5</sub> =	0,450		-0,437	-0,978	0,59
Y <sub>5;1,5</sub> =		0,694	-0,284	-0,862	0,88
Y <sub>6;1,5</sub> =	-1,289	1,605			0,82
Y <sub>7;1,5</sub> =	0,011		0,100		0,01
Y <sub>8;1,5</sub> =	0,446			-0,781	0,44
Y <sub>9;1,5</sub> =		0,560	0,065		0,30
Y <sub>10;1,5</sub> =		0,747		-0,750	0,81
Y <sub>11;1,5</sub> =			-0,434	-0,739	0,44
	Espaçamento				
	2,0 m				
	Variáveis				
	N	P	Cu	B	
Y <sub>1;2,0</sub> =	1,079	-0,503	-0,002		0,51
Y <sub>2;2,0</sub> =	0,957	-0,281		-0,162	0,52
Y <sub>3;2,0</sub> =	0,734		0,236	-0,437	0,54
Y <sub>4;2,0</sub> =		1,033	0,626	-1,171	0,56
Y <sub>5;2,0</sub> =	1,079	-0,503			0,51
Y <sub>6;2,0</sub> =	0,667		-0,022		0,43
Y <sub>7;2,0</sub> =	0,776			-0,299	0,51
Y <sub>8;2,0</sub> =		0,355	0,117		0,17
Y <sub>9;2,0</sub> =		0,880		-0,647	0,35
Y <sub>10;2,0</sub> =			0,429	-0,273	0,11
	Espaçamento				
	2,5 m				
	Variáveis				
	N	K	Cu	Mn	
Y <sub>1;2,5</sub> =	0,107	-0,314	0,639		0,73
Y <sub>2;2,5</sub> =	1,123	0,855		-0,879	0,80
Y <sub>3;2,5</sub> =	0,373		0,503	-0,327	0,78
Y <sub>4;2,5</sub> =		-0,231	0,730	-0,186	0,74
Y <sub>5;2,5</sub> =	0,716	-0,061			0,57
Y <sub>6;2,5</sub> =	0,413		0,475		0,68
Y <sub>7;2,5</sub> =	0,735			-0,305	0,66
Y <sub>8;2,5</sub> =		-0,366	0,706		0,72
Y <sub>9;2,5</sub> =		-0,485		-0,007	0,24
Y <sub>10;2,5</sub> =			0,771	-0,349	0,71

Y<sub>i,j</sub> = modelo i do espaçamento j



No espaçamento de 1,5 m os macronutrientes selecionados foram P e Ca, o primeiro devido ao alto valor negativo do seu efeito direto e o segundo devido ao alto valor positivo do efeito direto e de sua correlação com a produtividade (Quadro 6). Os micronutrientes selecionados foram o Zn e o Fe, ambos devido ao efeito direto negativo, porém somente o segundo é que apresentou correlação significativa (Quadro 7). Quando agrupadas as quatro variáveis o efeito direto do Zn diminui consideravelmente (Quadro 8). As quatro variáveis (modelo  $Y_{1;1,5}$ ) explicaram cerca de 99% da variação na produtividade (Quadro 9). Quando se retirou a variável Zn (modelo  $Y_{3;1,5}$ ) o  $R^2$  alterou-se pouco (0,97). Entre os modelos com duas variáveis apenas os que melhor explicaram a variação na produtividade foram o  $Y_{6;1,5}$ , que engloba o P e o Ca ( $R^2=0,82$ ), e o  $Y_{10;1,5}$  englobando o Ca e o Fe ( $R^2=0,81$ ). Ficou evidente que o nutriente determinante da produtividade nesse espaçamento foi o Ca. O P, apesar dos seus teores foliares não atingirem os da faixa crítica de referência, ele pode assumir um efeito favorável ou não à produtividade, dependendo das relações existentes entre ele e outros nutrientes que venham a ser inseridos num modelo proposto.

Para o espaçamento de 2,0 m os macronutrientes selecionados foram o N e o P, o primeiro devido ao alto valor positivo do efeito direto e de sua correlação e o segundo devido aos seus efeitos indiretos sobre as outras variáveis (Quadro 6). Os micronutrientes selecionados foram o Cu e o B, ambos devidos aos valores do efeito direto, positivo para o primeiro e negativo para o segundo (Quadro 7). Agrupando-se esses elementos, os efeitos diretos de todos eles diminuíram (Quadro 8) e nenhum modelo explicou de maneira satisfatória a variação na produtividade (Quadro 9).

Para o espaçamento de 2,5 m os macronutrientes selecionados foram o N e o K, devido aos valores altos de efeito direto e da correlação, positivos para o primeiro elemento e negativos para o segundo (Quadro 6). Os micronutrientes selecionados foram o Cu e o Mn, por motivos idênticos aos macronutrientes (Quadro 7). Agrupando-se essas quatro variáveis o efeito direto do N aumentou, enquanto o dos outros nutrientes diminuíram (Quadro 8) e a análise de trilha continuou apresentando multicolinearidade. Os modelos que explicaram melhor a variação na produtividade (Quadro 9) foram o que englobou as variáveis N, K e Mn ( $Y_{2;2,5}$ , com  $R^2=0,80$ ) e o que agrupou as variáveis N, Cu e Mn ( $Y_{3;2,5}$ , com  $R^2=0,78$ ). Nesse espaçamento parece que não houve um nutriente determinante na variação da produtividade, devendo-se considerar o conjunto das quatro variáveis.

Nesse período, verifica-se que com o aumento de espaçamento os elementos com maior mobilidade, principalmente o N, passam a ter importância na determinação da produtividade, uma vez que nos espaçamentos mais largos a eficiência de absorção desses nutrientes diminui devido a menor eficiência de exploração do solo pelas raízes, aumentando as perdas por lixiviação (PAVAN e CHAVES, 1996).

Parece que a calagem realizada não foi suficiente para o fornecimento satisfatório de Ca no espaçamento de 1,5 m e para reduzir a disponibilidade do Mn para níveis adequados no menor espaçamento.

### **3.3.2. Segunda colheita (1999)**

A análise de trilha para macronutrientes no espaçamento de 1,0 m mostrou que o S e o Ca foram os mais determinantes na variação da

produtividade, devido aos valores altos e negativos dos efeitos diretos e das suas correlações com a produtividade, principalmente o Ca (Quadro 10). Os micronutrientes selecionados foram o Zn e o B, o primeiro pelo mesmo motivo dos macronutrientes e o segundo devido ao valor alto e positivo do efeito direto (Quadro 11). Agrupando-se as quatro variáveis os efeitos diretos dos macronutrientes aumentaram seu valor absoluto e os dos micro diminuíram (Quadro12), sendo que o efeito direto do B que era positivo, passou a ser negativo. No Quadro 13, pode-se verificar que os quatro nutrientes explicaram quase que totalmente a variação na produtividade ( $R^2=0,99$ ). Retirando-se a variável Zn do modelo ( $Y_{3;1,0}$ ) o coeficiente de determinação praticamente não se alterou ( $R^2=0,99$ ). Já retirando a variável Ca (modelo  $Y_{4;1,0}$ ) o mesmo coeficiente caiu para 0,39. Entre os modelos envolvendo duas variáveis, o que apresentou o maior  $R^2$  foi o que agrupou S e Ca, explicando cerca de 93% da variação na produtividade. Fica claro que o aumento dos teores foliares de Ca foi o principal determinante na queda de produtividade nesse espaçamento, indicando que a calagem após a primeira colheita foi excessiva, fato confirmado pela análise de solo após a segunda colheita, na qual a Saturação de Bases atingiu o valor de 75%.

Para o espaçamento de 1,5 m os macronutrientes selecionados foram o N, devido ao valor elevado e negativo de seu efeito direto e o S, devido aos valores altos e positivos do seu efeito direto e da sua correlação (Quadro 10). Os micronutrientes selecionados foram Zn e Cu devido aos valores alto e positivo de seus efeitos diretos e de suas correlações (Quadro 11). Quando se agruparam as quatro variáveis observou-se fato semelhante ao ocorrido no espaçamento de 1,0 m: os efeitos diretos dos macronutrientes aumentaram

Quadro 10. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de macronutrientes), sobre a variável principal produtividade da segunda colheita (1999), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
N	Direto	0,0477	-0,4870	0,4090	0,1777
	Indireto via P	-0,2455	-0,0718	0,0888	0,4748
	Indireto via K	-0,0128	-0,2364	-0,0088	-0,3995
	Indireto via S	-0,2868	0,6942	-0,3357	-0,1910
	Indireto via Ca	0,1252	0,0288	-0,1080	-0,2205
	Indireto via Mg	0,1534	0,0261	-0,0680	-0,1056
	<b>Total</b>	<b>-0,2162</b>	<b>-0,0732</b>	<b>0,0053</b>	<b>-0,2535</b>
P	Direto	-0,4208	-0,1630	0,1987	0,6657
	Indireto via N	0,0278	-0,2144	0,1827	0,1267
	Indireto via K	-0,0076	-0,2645	-0,3927	-0,2113
	Indireto via S	-0,2666	0,4967	-0,5145	-0,0976
	Indireto via Ca	0,2933	0,0162	0,0119	-0,0244
	Indireto via Mg	0,1745	0,1637	0,1003	-0,0708
	<b>Total</b>	<b>-0,2227</b>	<b>0,0254</b>	<b>-0,4001*</b>	<b>0,4281**</b>
K	Direto	-0,0170	-0,4000	-0,6723	-0,6646
	Indireto via N	0,0359	-0,2879	0,0054	0,1068
	Indireto via P	-0,1871	-0,1078	0,1161	0,2117
	Indireto via S	-0,1742	0,0806	-0,2170	-0,0131
	Indireto via Ca	0,1540	-0,0022	0,0843	-0,0240
	Indireto via Mg	0,1031	0,2290	0,1957	-0,0318
	<b>Total</b>	<b>-0,0862</b>	<b>-0,5105**</b>	<b>-0,5337**</b>	<b>-0,4546**</b>
S	Direto	-0,3447	1,0890	-0,6261	0,3243
	Indireto via N	0,0397	-0,3105	0,2193	-0,1046
	Indireto via P	-0,3254	-0,0744	0,1633	-0,2005
	Indireto via K	-0,0086	-0,0296	-0,2330	0,0269
	Indireto via Ca	0,1527	0,0572	-0,0903	0,2737
	Indireto via Mg	0,1497	-0,1200	-0,0912	0,0523
	<b>Total</b>	<b>-0,3560*</b>	<b>0,6721**</b>	<b>-0,7010**</b>	<b>0,3917*</b>
Ca	Direto	-0,8600	0,0616	-0,1939	0,3551
	Indireto via N	-0,0069	-0,2278	0,2278	-0,1103
	Indireto via P	0,1435	-0,0428	-0,0122	-0,0457
	Indireto via K	0,0030	0,0146	0,2923	0,0450
	Indireto via S	0,0612	1,0112	-0,2917	0,2500
	Indireto via Mg	-0,1135	-0,1689	-0,3084	0,1015
	<b>Total</b>	<b>-0,8203**</b>	<b>0,6515**</b>	<b>-0,2993</b>	<b>0,6168**</b>
Mg	Direto	-0,2017	-0,2950	-0,3339	0,1413
	Indireto via N	-0,0362	0,0430	0,0832	-0,1328
	Indireto via P	0,3641	0,0947	-0,0597	-0,3335
	Indireto via K	0,0087	0,3104	0,3939	0,1495
	Indireto via S	0,2558	0,4431	-0,1711	0,1201
	Indireto via Ca	-0,4839	0,0353	-0,1791	0,2552
	<b>Total</b>	<b>-0,1042</b>	<b>0,6111**</b>	<b>-0,2897</b>	<b>0,2085</b>
Valor de k	0,0554	0,0543	0,0683	0,0597	
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9341</b>	<b>0,8274</b>	<b>0,8751</b>	<b>0,9175</b>	
Resíduo	0,2567	0,4154	0,3534	0,2872	
Determinante	0,011423	0,003853	0,008225	0,013168	

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 11. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de micronutrientes), sobre a variável principal produtividade da segunda colheita (1999), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Variável	Efeito	Espaçamento			
		1,0	1,5	2,0	2,5
Zn	Direto	-0,7706	0,5740	-0,1725	0,7846
	Indireto via Fe	-0,1887	-0,1070	0,1199	0,1352
	Indireto via Cu	0,0351	-0,1405	-0,0443	-0,0482
	Indireto via Mn	0,0618	0,0302	-0,2014	-0,1029
	Indireto via B	0,4316	-0,0060	-0,1297	0,0124
	<b>Total</b>	<b>-0,4736**</b>	<b>0,3826*</b>	<b>-0,4435**</b>	<b>0,8246**</b>
Fe	Direto	-0,4028	-0,3221	0,3193	0,5915
	Indireto via Zn	-0,3609	0,1906	-0,0648	0,1793
	Indireto via Cu	0,0209	0,0793	-0,1368	-0,0720
	Indireto via Mn	0,0267	0,0634	0,0328	0,0387
	Indireto via B	0,7833	-0,0121	0,3187	-0,0844
	<b>Total</b>	<b>0,447</b>	<b>-0,0187</b>	<b>0,4977**</b>	<b>0,6859**</b>
Cu	Direto	0,0778	0,5041	-0,1580	-0,0939
	Indireto via Zn	-0,3481	-0,1600	-0,0484	0,4031
	Indireto via Fe	-0,1085	-0,0507	0,2765	0,4535
	Indireto via Mn	0,0408	0,0666	-0,0513	-0,0277
	Indireto via B	0,2656	0,0647	0,3173	-0,0460
	<b>Total</b>	<b>-0,0682</b>	<b>0,4526**</b>	<b>0,3217</b>	<b>0,6838**</b>
Mn	Direto	0,2272	-0,1160	-0,5326	0,1286
	Indireto via Zn	-0,2095	-0,1492	-0,0652	-0,6275
	Indireto via Fe	-0,0473	0,1761	-0,0197	0,1781
	Indireto via Cu	0,0140	-0,2896	-0,0152	0,0202
	Indireto via B	-0,0167	-0,0439	-0,1049	-0,0699
	<b>Total</b>	<b>-0,0196</b>	<b>-0,4292**</b>	<b>-0,7855**</b>	<b>-0,3634*</b>
B	Direto	0,80270	0,0746	0,4239	-0,1126
	Indireto via Zn	-0,4143	-0,0457	0,0528	-0,0867
	Indireto via Fe	-0,3931	0,0521	0,2401	0,4432
	Indireto via Cu	0,0257	0,4373	-0,1183	-0,0384
	Indireto via B	-0,0047	0,0683	0,1318	0,0799
	<b>Total</b>	<b>0,0607</b>	<b>0,5908**</b>	<b>0,7682**</b>	<b>0,2792</b>
Valor de k		0,0554	0,0554	0,0897	0,0554
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,3859</b>	<b>0,5476</b>	<b>0,9286</b>	<b>0,9103</b>
Resíduo		0,7836	0,6726	0,2673	0,2995
Determinante		0,084250	0,051327	0,068245	0,021701

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 12. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (teores foliares de nutrientes), sobre a variável principal produtividade da segunda colheita (1999), em seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, no município de Ervália-MG.

Espaçamento 1,0 m			Espaçamento 1,5 m		
Variável	Efeito	Estimativa	Variável	Efeito	Estimativa
S	Direto	-0,5115	N	Direto	-0,8914
	Indireto via Ca	0,1944		Indireto via S	0,7464
	Indireto via Zn	0,1306		Indireto via Zn	0,0267
	Indireto via B	-0,1695		Indireto via Cu	0,4507
	<b>Total</b>	<b>-0,3560*</b>		<b>Total</b>	<b>-0,0732</b>
Ca	Direto	-1,0948	S	Direto	1,1708
	Indireto via S	0,0908		Indireto via N	-0,5683
	Indireto via Zn	-0,0037		Indireto via Zn	-0,0005
	Indireto via B	0,1874		Indireto via Cu	0,0700
	<b>Total</b>	<b>-0,8203**</b>		<b>Total</b>	<b>0,6721**</b>
Zn	Direto	0,1461	Zn	Direto	-0,0516
	Indireto via S	-0,4573		Indireto via N	0,4613
	Indireto via Ca	0,0275		Indireto via S	0,0119
	Indireto via B	-0,1899		Indireto via Cu	-0,0392
	<b>Total</b>	<b>-0,4736**</b>		<b>Total</b>	<b>0,3826**</b>
B	Direto	-0,3532	Cu	Direto	0,1405
	Indireto via S	-0,2455		Indireto via N	-0,2860
	Indireto via Ca	0,5809		Indireto via S	0,5837
	Indireto via Zn	0,0785		Indireto via Zn	0,0144
	<b>Total</b>	<b>0,0607</b>		<b>Total</b>	<b>0,4526**</b>
Valor de k		0	Valor de k		0
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,9895</b>	<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,8960</b>
Resíduo		0,1023	Resíduo		0,3225
Determinante		0,071625	Determinante		0,192713
Espaçamento 2,0 m			Esp, 2,5 m		
Variável	Efeito	Estimativa	Variável	Efeito	Estimativa
K	Direto	-0,1542	P	Direto	0,3291
	Indireto via S	-0,1178		Indireto via K	-0,0209
	Indireto via Mn	-0,2021		Indireto via Zn	-0,0747
	Indireto via B	-0,0596		Indireto via Fe	0,1946
	<b>Total</b>	<b>-0,5337**</b>		<b>Total</b>	<b>0,4281**</b>
S	Direto	-0,3399	K	Direto	-0,0659
	Indireto via K	-0,0535		Indireto via P	0,1047
	Indireto via Mn	-0,1887		Indireto via Zn	-0,4997
	Indireto via B	-0,1189		Indireto via fe	0,0064
	<b>Total</b>	<b>-0,7010**</b>		<b>Total</b>	<b>-0,4546**</b>
Mn	Direto	-0,2517	Zn	Direto	0,7419
	Indireto via K	-0,1238		Indireto via P	-0,0331
	Indireto via S	-0,2548		Indireto via K	0,0444
	Indireto via B	-0,1551		Indireto via Fe	0,0716
	<b>Total</b>	<b>-0,7855**</b>		<b>Total</b>	<b>0,8246**</b>
B	Direto	0,6271	Fe	Direto	0,3132
	Indireto via K	0,0147		Indireto via P	0,2045
	Indireto via S	0,0645		Indireto via K	-0,0013
	Indireto via Mn	0,0623		Indireto via Zn	0,1695
	<b>Total</b>	<b>0,7682**</b>		<b>Total</b>	<b>0,6859**</b>
Valor de k		0	Valor de k		0
<b>R<sup>2</sup></b>		<b>1,0000</b>	<b>R<sup>2</sup></b>		<b>0,9974</b>
Resíduo		0	Resíduo		0,0511
Determinante		0,080538	Determinante		0,252495

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 13. Equações de regressão linear múltipla, calculadas pela metodologia de análise de trilha, para a produtividade da segunda colheita (1999) de seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, em função dos teores foliares nutrientes, em Ervália-MG.

Produtividade estimada	Espaçamento 1,0 m				R2
	Variáveis				
	S	Ca	Zn	B	
Y <sub>1;1,0</sub> =	-0,512	-1,095	0,146	-0,353	0,99
Y <sub>2;1,0</sub> =	-0,350	-0,887	-0,183		0,94
Y <sub>3;1,0</sub> =	-0,395	-1,054		-0,309	0,99
Y <sub>4;1,0</sub> =	0,377		-1,014	0,444	0,39
Y <sub>5;1,0</sub> =		-0,967	-0,358	-0,260	0,95
Y <sub>6;1,0</sub> =	-0,518	-0,912			0,93
Y <sub>7;1,0</sub> =	0,336		-0,774		0,25
Y <sub>8;1,0</sub> =	-0,500			-0,301	0,20
Y <sub>9;1,0</sub> =		-0,833	-0,494		0,92
Y <sub>10;1,0</sub> =		-1,097		-0,521	0,87
Y <sub>11;1,0</sub> =			-0,712	0,444	0,36

Produtividade estimada	Espaçamento 1,5 m				R2
	Variáveis				
	N	S	Zn	Cu	
Y <sub>1;1,5</sub> =	-0,8914	1,171	-0,051	0,140	0,90
Y <sub>2;1,5</sub> =	-0,955	1,283	-0,125		0,88
Y <sub>3;1,5</sub> =	-0,846	1,132		0,160	0,89
Y <sub>4;1,5</sub> =	0,025		0,563	0,601	0,49
Y <sub>5;1,5</sub> =		0,501	0,471	0,334	0,67
Y <sub>6;1,5</sub> =	-0,850	1,211			0,88
Y <sub>7;1,5</sub> =	0,170		0,470		0,17
Y <sub>8;1,5</sub> =	-0,244			0,531	0,26
Y <sub>9;1,5</sub> =		0,668	0,376		0,59
Y <sub>10;1,5</sub> =		0,594		0,156	0,47
Y <sub>11;1,5</sub> =			0,552	0,606	0,49

Produtividade estimada	Espaçamento 2,0 m				R2
	Variáveis				
	K	S	Mn	B	
Y <sub>1;2,0</sub> =	-0,154	0,340	-0,252	0,627	1,00
Y <sub>2;2,0</sub> =	0,153	-0,167	-0,784		0,65
Y <sub>3;2,0</sub> =	-0,309	-0,470		0,650	0,99
Y <sub>4;2,0</sub> =	0,098		-0,716	0,600	0,97
Y <sub>5;2,0</sub> =		-0,250	-0,447	0,610	1,00
Y <sub>6;2,0</sub> =	-0,330	-0,586			0,59
Y <sub>7;2,0</sub> =	0,273		-1,005		0,64
Y <sub>8;2,0</sub> =	-0,465			0,724	0,80
Y <sub>9;2,0</sub> =		-0,256	-0,593		0,65
Y <sub>10;2,0</sub> =		-0,576		0,659	0,91
Y <sub>11;2,0</sub> =			-0,634	0,611	0,97

Produtividade estimada	Espaçamento 2,5 m				R2
	variáveis				
	P	K	Zn	Fe	
Y <sub>1;2,5</sub> =	0,329	-0,066	0,742	0,313	1,00
Y <sub>2;2,5</sub> =	0,531	-0,059	0,839		0,95
Y <sub>3;2,5</sub> =	0,279	-0,554		0,524	0,73
Y <sub>4;2,5</sub> =	0,313		0,785	0,312	0,99
Y <sub>5;2,5</sub> =		0,018	0,718	0,522	0,94
Y <sub>6;2,5</sub> =	0,637	-0,657			0,57
Y <sub>7;2,5</sub> =	0,516		0,877		0,94
Y <sub>8;2,5</sub> =	0,003			0,684	0,47
Y <sub>9;2,5</sub> =		0,185	0,949		0,70
Y <sub>10;2,5</sub> =		-0,469		0,695	0,69
Y <sub>11;2,5</sub> =			0,705	0,525	0,94

Y<sub>i,j</sub> = modelo i do espaçamento j

seu valor absoluto e os dos micro diminuíram (Quadro12). As quatro variáveis explicaram cerca de 90% da variação na produtividade (Quadro 13). Quando se considerou apenas os macronutrientes no modelo ( $Y_{6;1,5}$ ) o  $R^2$  reduziu-se muito pouco (0,88), indicando que apenas essas duas variáveis já explicam de maneira satisfatória a variação na produtividade, sendo que os teores foliares de N foram inversamente e os de S diretamente proporcional ao aumento da produtividade.

No espaçamento de 2,0 m selecionaram-se os macronutrientes K e S devido aos valores altos e negativos de seus efeitos diretos e de suas correlações (Quadro 10). Os micro selecionados foram Mn e B pelo mesmo motivo da seleção dos macro, porém os valores relativos ao B foram positivos (Quadro 11). O agrupamento das quatro variáveis proporcionou redução nos valores dos efeitos diretos de todas as variáveis com exceção ao B, que aumentou (Quadro 12). A combinação das quatro variáveis (Quadro 13) explicou totalmente a variação na produtividade ( $R^2=1,0$ ). Retirando-se a variável K (modelo  $Y_{5;2,0}$ ) esse coeficiente praticamente não se alterou e o modelo com apenas os micronutrientes ( $Y_{11;2,0}$ ) explicou cerca de 97,0% da variação na produtividade, sendo os teores de Mn inversamente e os de B diretamente proporcional ao aumento de produtividade. Isso indica que mesmo com a calagem excessiva, ao longo do perfil do solo pode ainda estar ocorrendo alta disponibilidade de Mn, comprometendo a produtividade.

Para o espaçamento de 2,5 m os macronutrientes selecionados foram o P e o K, devido aos altos valores dos seus efeitos diretos e de suas correlações, positivo para o primeiro nutriente e negativo para o segundo (Quadro 10). Os micro foram o Zn e o Fe devido aos valores altos e positivos



de seus efeitos diretos e de suas correlações (Quadro 11). Agrupando-se essas quatro variáveis os valores dos efeitos diretos de todas elas diminuíram (Quadro 12), porém explicaram quase que totalmente a variação na produtividade. Retirando-se a variável K (modelo  $Y_{4;2,5}$ ) praticamente não se alterou o valor do  $R^2$  (0,99) (Quadro 13) e o modelo contendo apenas os dois micronutrientes ( $Y_{11;2,5}$ ) explicou cerca de 94% da variação na produtividade, sendo que os teores foliares de ambos (Zn e Fe) foram diretamente proporcional à produtividade.

Nota-se que nesse período, nos espaçamentos mais adensados os teores foliares de macronutrientes, foram os determinantes na variação da produtividade (excesso de Ca no de 1,0 m e falta de S no de 1,5 m), enquanto que nos mais largos foram os teores foliares dos micronutrientes (B no de 2,0 m e Zn no de 2,5 m).

Através da análise de trilha ficou evidente a complexidade das relações entre os nutrientes que explicam a variação na produtividade nos diversos espaçamentos. Um nutriente cuja variação seria proporcional à produção de grãos pode passar a ser inversamente proporcional, conforme as variáveis envolvidas no modelo, dependendo do espaçamento.

#### **4. RESUMO E CONCLUSÕES**

Com o objetivo de verificar o efeito de espaçamento entre fileiras sobre os teores foliares de nutriente e suas correlações com a produtividade em seis variedades de café, foi conduzido um ensaio, de março/abril de 1996 a agosto de 1999, em Ervália-MG.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e o esquema fatorial 4 x 6, sendo 4 espaçamentos entre fileiras (1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 m) e seis variedades (Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880). As parcelas constaram de 4 fileiras de 4,5 m de comprimento, espaçadas de acordo com o tratamento. O espaçamento dentro da linha foi constante (0,75m), totalizando 24 plantas por parcela, sendo considerada área útil 4 plantas centrais competitivas.

Foram retiradas amostras de folhas aos 21 e 34 meses após o plantio para avaliação dos teores de nutrientes. Foi feito ainda o desdobramento das correlações desses valores com a produção das duas primeiras colheitas através da análise de trilha para verificar quais os nutrientes mais determinantes na variação da produtividade em cada espaçamento.

Considerando-se as duas épocas de amostragem (21 e 34 meses após o plantio) as variedades que apresentaram maiores teores foliares de nutrientes foram: para o N, as duas linhagens de Catuaí Vermelho (IAC 44 e IAC 99) e a Rubi Mg 1192; para o P Catuaí Vermelho IAC 99; para o S, a Catuaí Vermelho IAC 99 e Oeiras MG 6851; para o Mg, a Katipó e a Oeiras MG 6851; para o Cu as duas linhagens de Catuaí Vermelho.

Para os nutrientes que tiveram efeito de variedades somente na segunda época de amostragem, as variedades que apresentaram maiores teores foliares destes foram: para o K, as duas linhagens de Catuaí Vermelho; para o Ca, a Oeiras MG 6851 apesar de não diferir das duas linhagens de Catuaí Vermelho e da Katipó; para o B, as duas linhagens de Catuaí Vermelho, apesar de não diferirem da Rubi MG 1192 e da Katipó.

A variedade Katipó apresentou menores teores foliares de Mn na segunda amostragem nos espaçamentos intermediários.

Aos 34 meses após o plantio as diferenças nos teores de N e S entre variedades aumentaram com o adensamento.

Com o adensamento, aos 34 meses após o plantio, os teores foliares de P das maioria das variedades aumentou (exceção às variedades Oeiras MG 6851 e Catimor 3880); os teores de K das variedades Katipó e Oeiras MG 6851 também aumentaram e os de Mg diminuíram, indicando um antagonismo entre esses nutrientes.

Na primeira colheita, no espaçamento de 1,0 m os nutrientes mais determinantes na produção foram o Zn, favorecendo, e o Mn impondo restrições à produção. No espaçamento de 1,5 m, o Ca passou a ser o efeito-causa principal na variação da produção, favorecendo-a. Nos espaçamentos

mais largos (2,0 e 2,5 m) não houve um nutriente considerado efeito-causa na variação da produção, mas os elementos mais móveis no solo, principalmente o N, aumentaram a sua importância na determinação da produção, favorecendo-a.

Na segunda colheita os teores foliares de macronutrientes foram os mais determinantes na variação da produtividade nos espaçamentos mais adensados: o Ca no espaçamento de 1,0 m (efeito contrário ao aumento da produção); o S, diretamente proporcional e o N inversamente proporcional à variação na produção, no espaçamento de 1,5 m. Para os espaçamentos mais largos os micronutrientes passaram a ser o efeito-causa na produtividade: no espaçamento de 2,0 m o B e o Mn (diretamente e inversamente proporcionais à produtividade, respectivamente) e no espaçamento de 2,5 m o Zn e o Fe, ambos diretamente proporcionais à produtividade.

Com esses resultados pode-se concluir que:

As diferenças nos teores de nutrientes das variedades perdem um pouco de sua expressão quando se leva em consideração a amplitude da faixa de referência, mas não deixam de ser um indicativo para seleção de materiais com melhor capacidade de absorção e/ou translocação de nutrientes e melhor tolerância à toxidez de Mn.

O adensamento pode evidenciar diferenças entre variedades na capacidade de absorção ou translocação dos macronutrientes N e S no solo.

Aos 34 meses após o plantio o adensamento influencia a disponibilidade dos nutrientes P, K e Mg no solo, e/ ou capacidade de absorção desses nutrientes pelo cafeeiro aumentando a de P, para a maioria das variedades e aumentando a de K e diminuindo a de Mg, para as variedades Katipó e Oeiras

Mg 6851.

Os teores foliares de nutrientes explicam de maneira satisfatória a variação na produção de grãos do cafeeiro, conforme constatado pela análise de trilha.

Com as doses de corretivo e adubos empregadas, as concentrações foliares de nutrientes relacionadas às variações na produção de grãos foram a falta de N (primeira safra) e dos micronutrientes Zn, Fe e B (segunda safra) nos espaçamentos mais largos e à falta (primeira colheita) ou ao excesso (segunda colheita) de Ca nos mais adensados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A.A.; DUARTE, C.S.; GOMIDE, AM.B. Flutuação de nutrientes nas folhas do cafeeiro (Cultivares M.N. e Catuaí) durante a frutificação e maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, 1979, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p. 25-29.
- ANDRADE, V.R.M., LOURENÇO, R.S., MURAOKA, T., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro XXIX. Efeitos do cobre no crescimento e na composição mineral do cafeeiro. Variedades Mundo Nove e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, 1974, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p.266-267.
- BATAGLIA, O.C., DECHEN, A.R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: DECHEN, A.R. e CARMELLO, Q.A.C. (coord.) **Simpósio avançado de química e fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1986. 179p.
- BARROS, U.V., SANTINATO, R., MATIELLO, J.B., BARBOSA, C.M. Níveis nutricionais - NPK Ca Mg S Zn e B - na implantação do cafeeiro em sistemas super adensado, adensado e largo, em solo LVh na Zona da Mata-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, 1996, Águas de Lindóia-SP. **Resumos dos trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1996, p.121-123.
- CARDOSO, E.L., ALVARENGA, G., CARVALHO, M.N., CARVALHO, J.G.D. Efeito de doses de superfosfato simples no substrato sobre o teor de macro e micronutrientes em mudas de café (*Coffea arabica* L.) "Mundo Novo" e "Catuaí". **Ciência e Prática**, v.16, n.12, p.201-206, 1992.
- CASSIDY, D.M.S., KUMAR, D. Root distribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe (I): The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chipinge. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, v.22, p.119-132, 1984.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes e Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras, 1989. 176p.

- CORREA, J.B., GARCIA, A.W.R. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.339-344.
- CORREA, J.B., GARCIA, A.W.R., COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.178-183.
- CORREA, J.B., GARCIA, A.W.R., COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p.174-176.
- CORREA, J.B., GARCIA, A.W.R., COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985.
- CORREA, J.B., GARCIA, A.W.R. e COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13, 1986, Londrina. **Resumos dos trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1986.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442p.
- GARCIA, A.W.R. Retirada de Nutrientes pela produção do cafeeiro - cultivares Mundo Novo, Catuaí e Catimor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.3-6.
- KUMAR, D. Investigation into some physiological aspects of high density planting of coffee (*Coffea arabica* L.). **Kenya Coffee**, v.43, n.510, p.263-272, 1978.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.: a review. **Kenya Coffee**, v.44, n.519, p.9-47, 1979.
- MATIELLO, J.B., SANTINATO, R., MIGUEL, A.E., PAULINO, A.J., PAULINI, A.E., STEVANATO, S.G., BRAGANÇA, J.B., BARROS, U.V., AMARAL, A.S., RUSSO, A.F. **A moderna cafeicultura de montanha**. Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. 22p.
- MARTINEZ, H.E.P., CARVALHO, J.G., SOUZA, R.B. Diagnose Foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999, p.143-170.
- MIGUEL, A.E., NETTO, K.A. PEREIRA, J.B.D., MATIELLO J.B. Efeitos da aplicação de fungicida cúprico em progênies de Catimor e Icatu comparadas com Catuaí amarelo, e vermelho, Mundo Novo e Iarana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro : IBC/GERCA, 1983. p. 194-196.

- PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D. A produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. **Turrialba**, v.44, n.4, p.227-231, 1994.
- PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p.87-106.
- PEREIRA, J.B.D. **Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa-MG: UFV, 1999. 99p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RAMOS, L.C.S., LIMA, M.M.A. Comportamento diferencial de cafeeiros em relação à toxidez de Manganês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS 6, 1978, Ribeirão Preto. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1978. p.62-63.
- RENA, A.B., PEREIRA, A.A., BARTHOLO, G.F. Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983a. p.169-170.
- RENA, A.B., PEREIRA, A.A., BARTHOLO, G.F. Status mineral foliar e a degenerescência precoce de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983b. p.170-171
- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.14-85.
- RENA, A.B., NACIF, A.P., GUIMARÃES, P.T.G., BARTHOLO, G.F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.61-70, 1998.
- SANTOS, E.H. Comparação entre análise química do solo de café adensado e do café normal: orientação aos agricultores sobre a melhor forma de se obter maior produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, 1999, Franca-SP. **Resumos dos trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.110-111.
- SOUZA, C.A.S., GUIMARÃES, P.T.G., CORREA, J.B.; DIAS, F.P. Efeitos de doses de zinco via solo, em três cultivares de cafeeiro (*C. arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23, 1997, Manhuaçu-MG. **Resumos dos trabalhos apresentados...**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1997. p.110-111.
- SOUZA, R.B. **Níveis críticos de enxofre em solos e folhas de cultivares de café**. Viçosa-MG: UFV, 1999. 88p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.



## APÊNDICE

Quadro 1. Correlações entre nutrientes em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em quatro espaçamentos, aos 21 meses após o plantio, em Ervália-MG.

Nutriente	Esp.	P	K	S	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B
N	1.0	0.665**	-0.066	0.174	0.693**	0.157	0.283	-0.315	0.129	0.662**	0.482**
	1.5	0.440**	0.577**	0.549**	0.825**	0.302	-0.230	0.528**	0.114	0.475**	-0.155
	2.0	0.836**	0.556**	0.343*	-0.034	-0.046	-0.772**	0.874**	0.409*	-0.115	0.395*
	2.5	0.653**	-0.599**	0.188	-0.421*	-0.691**	0.110	-0.534**	0.717**	-0.059	0.531**
P	1.0		-0.286	0.469**	0.733**	0.039	0.776**	-0.792**	0.282	0.468**	0.244
	1.5		0.577**	0.549**	0.825**	0.302	-0.230	0.528**	0.114	0.475**	-0.155
	2.0		0.706**	0.774**	0.276	0.106	-0.821**	0.681**	0.377*	0.304	0.744**
	2.5		-0.367*	0.495**	-0.155	0.066	0.490**	-0.004	0.232	0.154	0.151
K	1.0			-0.857**	-0.425**	-0.066	-0.759**	-0.047	0.335*	0.014	-0.720**
	1.5			0.456**	0.243	0.786**	0.313	0.416*	-0.396*	0.426**	-0.748**
	2.0			0.579**	-0.078	0.222	-0.774**	0.530**	-0.356*	0.068	0.246
	2.5			-0.727**	-0.037	0.341*	0.522**	-0.221	-0.176	0.704**	-0.031
S	1.0				0.743**	0.488**	0.715**	-0.067	-0.533**	0.393*	0.637**
	1.5				0.618**	0.741**	-0.269	0.757**	-0.319	0.790**	-0.379*
	2.0				0.646**	0.394*	-0.462**	0.096	0.274	0.698**	0.866**
	2.5				0.107	0.298	-0.125	0.630**	-0.286	-0.399*	-0.186
Ca	1.0					0.645**	0.524**	-0.243	-0.332*	0.810**	0.596**
	1.5					0.118	-0.295	0.274	0.238	0.335*	0.122
	2.0					0.726**	0.029	-0.363*	0.584**	0.443**	0.776**
	2.5					0.337*	-0.469**	0.684**	-0.766**	-0.327	-0.294
Mg	1.0						-0.161	0.321	-0.765**	0.749**	0.282
	1.5						0.033	0.671**	-0.709**	0.611**	-0.853**
	2.0						-0.060	-0.323	0.072	-0.034	0.327
	2.5						0.431**	0.744**	-0.647**	0.063	-0.706**
Zn	1.0							-0.567**	0.163	0.041	0.440**
	1.5							-0.447**	0.327	0.022	0.063
	2.0							-0.857**	-0.039	0.186	-0.446**
	2.5							-0.220	0.220	0.659**	-0.083
Fe	1.0								-0.476**	-0.181	0.349*
	1.5								-0.389*	0.818**	-0.450**
	2.0								0.144	-0.348*	0.174
	2.5								-0.807**	-0.449**	-0.645**
Cu	1.0									-0.497**	-0.249
	1.5									-0.005	0.902**
	2.0									0.204	0.654**
	2.5									0.000	0.264
Mn	1.0										0.217
	1.5										-0.171
	2.0										0.556**
	2.5										0.537**

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Quadro 2. Correlações entre nutrientes em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), em quatro espaçamentos, aos 34 meses após o plantio, em Ervália-MG.

Nutriente		P	K	S	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B
	Esp.										
N	1.0	0.583**	0.752**	0.832**	-0.146	-0.761**	0.739**	0.156	0.730**	-0.136	0.325
	1.5	0.440**	0.591**	0.638**	0.468**	-0.088	0.518**	-0.805**	0.321	0.319	0.499**
	2.0	0.447**	0.013	0.536**	0.557**	0.203	0.675**	0.823**	0.832**	0.380*	0.437**
	2.5	0.713**	0.601**	-0.589**	-0.621**	-0.747**	-0.573**	-0.061	-0.632**	0.688**	0.107
P	1.0		0.445**	0.773**	-0.341*	-0.865**	0.827**	0.853**	0.411*	0.030	0.914**
	1.5		0.661**	0.456**	0.263	-0.555**	0.044	0.029	0.651**	-0.597**	0.763**
	2.0		0.584**	0.822**	-0.061	-0.300	0.127	0.222	0.580**	0.682**	0.223
	2.5		0.318	-0.301	-0.069	-0.501**	-0.101	0.621**	0.058	0.588**	0.522**
K	1.0			0.505**	-0.179	-0.511**	0.288	0.220	0.631**	-0.629**	0.388*
	1.5			0.074	-0.036	-0.776**	-0.110	-0.198	0.149	0.141	0.211
	2.0			0.347*	-0.435**	-0.586**	-0.060	-0.138	-0.084	0.803**	-0.095
	2.5			-0.041	-0.068	-0.225	-0.674**	0.020	-0.485**	0.647**	0.152
S	1.0				-0.178	-0.742**	0.894**	0.332*	0.320	-0.134	0.480**
	1.5				0.929**	0.407*	0.010	-0.605**	0.499**	-0.229	0.831**
	2.0				0.466**	0.273	0.539**	0.074	0.423*	0.750**	-0.190
	2.5				0.771**	0.371**	0.594**	0.210	0.312	-0.462**	0.166
Ca	1.0					0.563**	-0.025	-0.456**	-0.053	0.111	-0.531**
	1.5					0.573**	0.259	-0.640**	0.158	-0.141	0.599**
	2.0					0.924**	0.742**	0.157	0.208	0.175	-0.266
	2.5					0.719**	0.586**	0.603**	0.724**	-0.384*	0.198
Mg	1.0						-0.776**	-0.681**	-0.648**	-0.141	-0.780**
	1.5						0.123	-0.415*	-0.240	0.116	-0.021
	2.0						0.555**	-0.155	-0.102	-0.040	-0.472**
	2.5						0.370*	0.141	0.578**	-0.577**	-0.357*
Zn	1.0							0.468**	0.452**	0.272	0.538**
	1.5							0.332*	-0.279	-0.260	-0.078
	2.0							0.376*	0.280	0.378*	-0.306
	2.5							0.229	0.513**	-0.800**	-0.111
Fe	1.0								0.269	0.118	0.976**
	1.5								0.157	-0.547**	-0.162
	2.0								0.866**	-0.062	0.752**
	2.5								0.767**	0.301	0.749**
Cu	1.0									0.179	0.331*
	1.5									-0.575**	0.868**
	2.0									0.096	0.748**
	2.5									-0.215	0.409*
Mn	1.0										-0.021
	1.5										-0.589**
	2.0										-0.247
	2.5										0.621**

\* e \*\* - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

## RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS

Com o objetivo de verificar o efeito de espaçamentos adensados entre fileiras em seis variedades de café, foi conduzido um ensaio, de março/abril de 1996 a agosto de 1999, em Ervália-MG.

Foram avaliados nas duas primeiras safras (1998 e 1999) os dados de produção por planta, produtividade, época e uniformidade de maturação e produtividade média do biênio; foram também avaliados aos 20 e 33 meses após o plantio os dados das seguintes características vegetativas: altura de plantas, comprimento máximo de copa, diâmetro de caule, número de ramos plagiotrópicos e Índice de Área Foliar (IAF); aos 21 e 34 meses após o plantio foram coletadas amostras de folhas para avaliação do teor foliar de nutrientes. Foi realizada ainda a análise de trilha para estudo das correlações das características morfológicas e concentrações de nutrientes com a produtividade, indicando as de maior relevância.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

Não houve aumento da competição entre plantas provocada pelo adensamento, suficiente para reduzir a produção por plantas, indicando a possibilidade de se utilizar espaçamentos inferiores a 1,00 x 0,75 m para atingir maiores produtividades nas duas primeiras colheitas, independentemente

da variedade utilizada.

Aos 33 meses, o adensamento influenciou as características vegetativas da seguinte forma: aumentou a altura de planta da maioria das variedades, exceção feita à altura da variedade Oeiras MG 6851 que não foi influenciada pelos espaçamentos; o diâmetro máximo de copa e o diâmetro da base do caule foram influenciados, ou não, pelo adensamento, de forma diferenciada, dependendo da variedade; o número de ramos plagiotrópicos da maioria das variedades não foi afetado pelos espaçamentos, exceção feita ao número de ramos plagiotrópicos da variedade Catuaí Vermelho IAC 99 que aumentou com o adensamento.

A variedade Oeiras MG 6851 é bastante adequada ao adensamento, pois além de ser uma das que alcançaram maiores produtividades na média dos dois anos, ela também apresentou maturação mais precoce e características vegetativas que favorecem os tratos culturais e a colheita mesmo em plantios adensados, uma vez que com a diminuição do espaçamento entre linhas, não ocorreu estiolamento da planta (aumento do comprimento do entrenó) e o diâmetro máximo da copa diminuiu linearmente.

Nos espaçamentos mais largos (2,0 e 2,5 m) pode-se optar pelo plantio de qualquer uma das variedades desse ensaio, considerando-se apenas a produtividade as duas primeiras colheitas.

Com variedades deste ensaio (Oeiras MG 6851, Rubi MG 1192, Katipó e Catuaí Vermelho IAC 44) pode-se tentar realizar um programa de diversificação varietal para precocidade de maturação, para possibilitar o escalonamento da colheita em plantios adensados, na região da Zona da Mata, sem comprometer os níveis de produtividade e a qualidade do café produzido.

O valor do IAF atingido no menor espaçamento aos 33 meses ficou muito próximo a considerado ideal pela literatura.

Tanto as características vegetativas do cafeeiro (altura de planta, diâmetro máximo da copa, diâmetro da base do caule e número de ramos plagiotrópicos) quanto o teor foliar de nutrientes explicaram de maneira satisfatória a variação na produtividade, conforme constatado pela análise de trilha.

Aos 20 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais, independentemente do espaçamento utilizado, enquanto que o desenvolvimento do diâmetro de caule no espaçamento de 1,0 m, e o desenvolvimento do comprimento dos ramos plagiotrópicos (diâmetro de copa) no espaçamento de 2,0 m competiram com a produção de grãos.

Aos 33 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais somente no espaçamento de 2,5 m; no espaçamento de 1,0 m o desenvolvimento da altura de planta competiu com a produção de grãos enquanto que plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. No espaçamento de 2,0 m, plantas com maior diâmetro de caule também tenderam a ser mais produtivas

As diferenças nos teores de nutrientes das variedades perdem um pouco de sua expressão quando se leva em consideração a amplitude da faixa de referência, mas não deixam de ser um indicativo para seleção de materiais com melhor capacidade de absorção e/ou translocação de nutrientes e melhor tolerância à toxidez de Mn.

O adensamento pode evidenciar diferenças entre variedades na capacidade de absorção ou translocação dos macronutrientes N e S no solo.

Aos 34 meses após o plantio o adensamento influenciou a disponibilidade dos nutrientes P, K e Mg no solo, e/ ou capacidade de absorção desses nutrientes pelo cafeeiro aumentando a de P, para a maioria das variedades, aumentando a de K e diminuindo a de Mg, para as variedades Katipó e Oeiras Mg 6851.

Com as doses de corretivo e adubos empregadas, as concentrações foliares de nutrientes relacionadas às variações na produção de grãos foram a falta de N (primeira safra) e dos micronutrientes Zn, Fe e B (segunda safra) nos espaçamentos mais largos e à falta (primeira colheita) ou ao excesso (segunda colheita) de Ca nos mais adensados.