

CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIRO EM ESPAÇAMENTOS ADENSADOS E SUAS CORRELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE

AUGUSTO, H.S.¹; MARTINEZ, H.E.P.²; CRUZ, C.D.³ e PEREIRA, A.A.⁴

¹Eng.Agr., DSc. Fitotecnia, Depto. de Fitotecnia UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG, tel. 0xx 32 35541107, < humsa@uai.com.br >; ²Ph.D., Profa., Depto. de Fitotecnia UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG; ³D.S., Prof. Depto. de Biologia Geral UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG; ⁴D.S., Pesq. do CTZM/EPAMIG, Vila Gianetti, CEP 36570-000, Viçosa-MG.

RESUMO: Componentes do crescimento vegetativo de seis variedades de café e as correlações destes com a produtividade foram avaliados em quatro espaçamentos entre fileiras (1,0; 1,5; 2,0; e 2,5 m) em um ensaio conduzido entre março de 1996 e agosto de 1999, em Ervália-MG. Aos 33 meses após o plantio o adensamento proporcionou aumento na altura de planta em todas as variedades, com exceção de Oeiras MG 6851; o diâmetro máximo de copa e o diâmetro de caule dessa variedade diminuíram linearmente com o adensamento; para a Rubi MG 1192 e a Katipó, o maior crescimento ocorreu nos espaçamentos intermediários (1,5 e 2,0 m). Aos 20 meses após o plantio, plantas mais altas tenderam a produzir mais, em todos os 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 plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. A variedade Oeiras MG 6851 mostrou-se adequada ao adensamento, pois, além de ser das mais produtivas, apresentou 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 e o diâmetro máximo de copa diminuiu linearmente.

Palavras-chave: café, variedades, espaçamentos, crescimento vegetativo, análise de trilha.

VEGETATIVE GROWTH OF COFFEE IN HIGH DENSITY SPACING AND CORRELATIONS WITH YIELD

ABSTRACT: Vegetative growth components of six coffee varieties and their correlations with grain yield were assessed for crop planted in four row spacings (1.0; 1.5; 2.0 and 2.5 m), during March 1996 to

August/1999, in Ervália-MG, Brazil. At the 33rd month after planting, the spacing reduction increased plant height for all the varieties, except for Oeiras MG 6851; maximum canopy and stem basal diameter for this variety decreased linearly with reduction in row spacing; for the varieties Rubi MG 1192 and Katipó, largest growth occurred for intermediary row spacings (1.5 e 2.0 m). At the 20th month, taller plants tended to higher yield, for all row spacings. At the 33rd month, higher yield occurred only for row spacing of 2.5 m; in the spacing of 1.0 m, crop yield was negatively correlated with plant height, but positively correlated with stem basal diameter and number of primary branches. The variety Oeiras was shown to be most appropriated for high density of planting, because of its high productivity and also because its suitable vegetative characteristics which facilitate machinery operations and harvesting, in addition to the absence of plant stiolation and lower canopy basal

Key words: coffee, varieties, row spacings, vegetative growth, path way.

INTRODUÇÃO

Muitos agricultores ainda evitam a adoção do sistema de plantio adensado no cafeeiro, prevendo o fechamento precoce da lavoura, o que dificultaria consideravelmente os tratos culturais e a colheita, apesar de dados de pesquisa comprovarem uma gama de vantagens desse sistema, desde o aumento da produtividade, principalmente nas primeiras colheitas, até melhorias na conservação e fertilidade do solo (PAVAN e CHAVES, 1986). No entanto o cafeeiro, semelhante a outras plantas, tem grande capacidade de se adaptar às variações do ambiente, como alterações no espaçamento, mediante modificações morfológicas bioquímicas e fisiológicas (RENA et al., 1998). 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 ainda verificou diminuição do diâmetro da base do caule, com a redução do espaçamento, a partir dos 3,5 anos de idade. NACIF (1997) e MATIELLO e BARROS (1999) verificaram que o diâmetro máximo da copa e o número de ramos plagiotrópicos não sofreram influência significativa do adensamento das ruas até os cinco e seis anos de idade, respectivamente. NACIF (1997) verificou ainda que 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 da primeira variável vegetativa com as duas últimas pela partição de carboidratos. 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 desses 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 (CRUZ e REGAZZI, 1997). Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento dos caracteres vegetativos de diferentes variedades plantadas em espaçamentos adensados, visando a facilidade no manejo de lavouras adensadas. 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.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um ensaio, em março de 1996, no município de Ervália, na Zona da Mata de Minas Gerais. O solo do local do ensaio é um LVA distrófico. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições e 24 tratamentos (fatorial 6x4, sendo seis variedades e quatro espaçamentos entre fileiras). As variedades utilizadas foram Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Katipó, Oeiras MG 6851 e Catimor UFV 3880. Os espaçamentos entre fileiras foram de 1,0; 1,5; 2; e 2,5 m. O espaçamento entre plantas dentro da linha foi fixo (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. A adubação de plantio e a de cobertura foram realizadas conforme a recomendação de MATIELLO et al. (1994), até a primeira colheita. A partir daí a adubação foi feita por módulos, com base na carga pendente, de acordo com MALAVOLTA (1996). Foram avaliados, aos 20 e 33 meses, a altura da planta em relação à superfície do solo, o diâmetro máximo da copa, o diâmetro do caule a 5 cm da superfície do solo e o número de ramos plagiotrópicos. A produtividade das duas primeiras colheitas (1998 e 1999) também foi avaliada. Foi feita análise de trilha para cada espaçamento, com a finalidade de verificar quais características vegetativas influenciam mais a 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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Somente aos 33 meses o espaçamento influenciou significativamente todas as variáveis. A variedade Oeiras apresentou arquitetura de planta bem favorável ao adensamento (Figuras 1 e 2), já que sua altura não foi influenciada (Figura 1) e o comprimento dos ramos plagiotrópicos diminuiu com o adensamento (Figura 2), características que facilitam consideravelmente os tratos culturais e a colheita em lavouras adensadas.

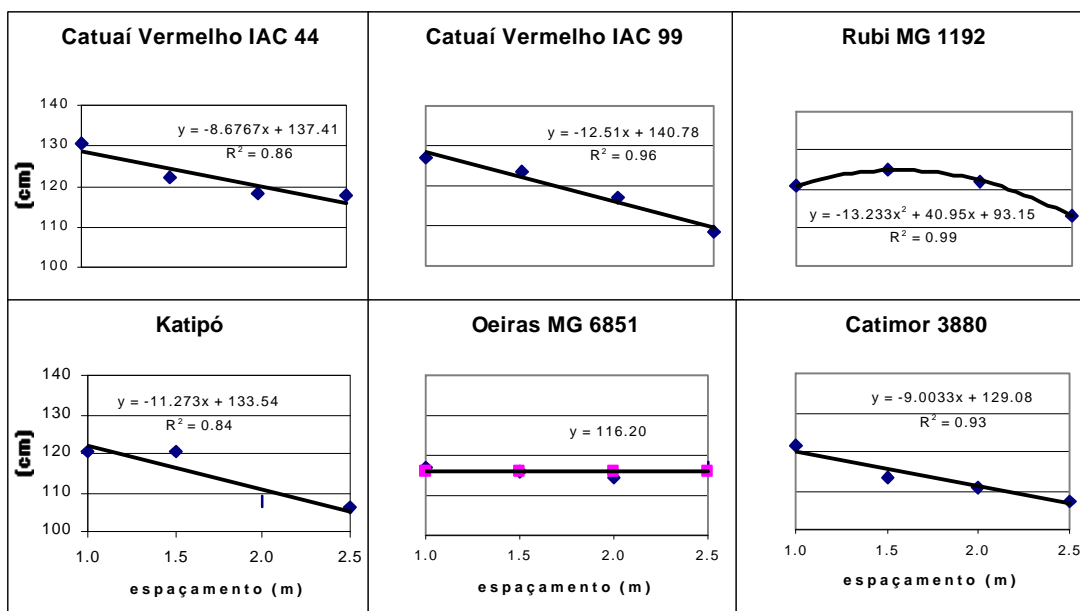


Figura 1 - Altura de plantas em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

A variação no diâmetro de caule foi semelhante à do diâmetro de copa para todas as variedades (Figura 3).

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

Em relação à produtividade (Tabela 1), no menor espaçamento, a variedade Oeiras foi a mais produtiva na primeira colheita, e a Rubi e Katipó, na segunda colheita. No espaçamento de 1,5 m, na segunda colheita as variedades Katipó e Oeiras foram as mais produtivas.

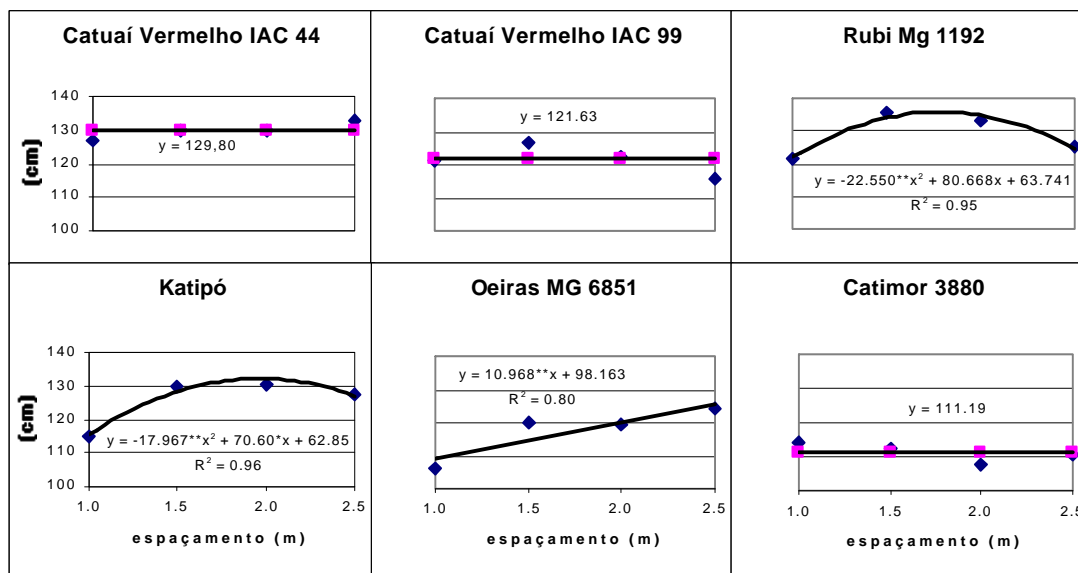


Figura 2 - Diâmetro máximo de copa em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

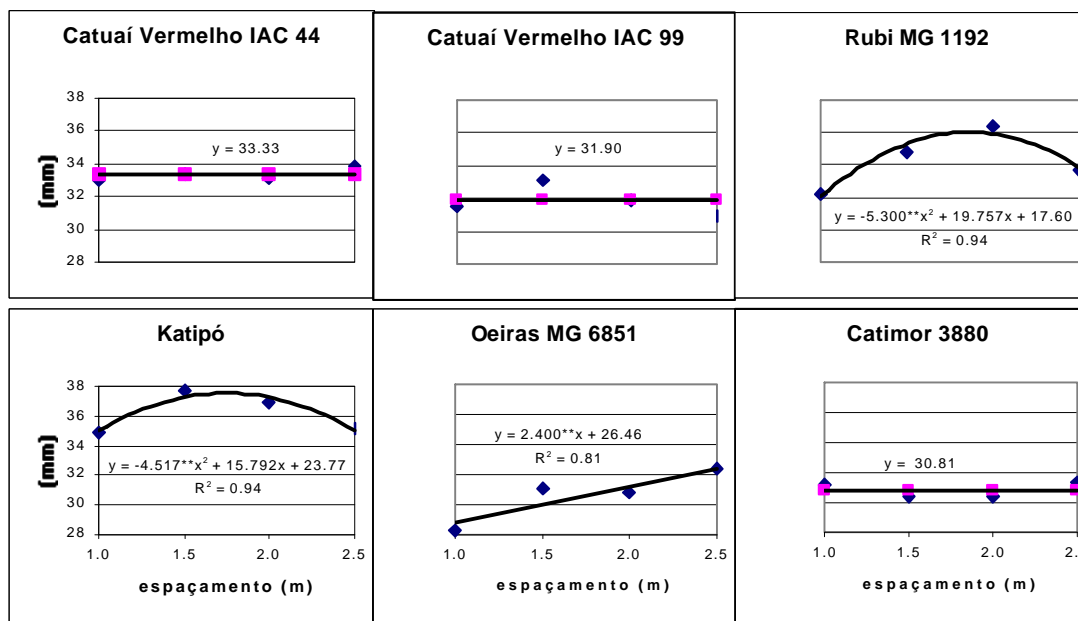


Figura 3 - Diâmetro máximo de caule em seis variedades de café (*Coffea arabica* L.), aos 33 meses após o plantio, em função de espaçamentos entre fileiras, em Ervália-MG.

Tabela 1 - Produtividade, em sacas de café beneficiado, de seis variedades de *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 (sacas/ha)							
	1998				1999			
	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
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
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
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
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
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
CV %	43,56				27,43			

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

As correlações entre a produção e as características vegetativas foram significativas e positivas em quase todos os casos (Tabela 2). 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 a produção e os componentes do crescimento vegetativo.

Tabela 2 - 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-meses Espaçamento (m)	Altura		Copa		Caule		Ramo	
		20	33	20	33	20	33	20	33
		Produção	1,0	0,65*	-	0,20	-0,02	0,08	0,27
	*		0,46**						
1,5	0,87*		0,01	0,62**	0,27	0,63*	0,49**	0,31	0,13
	*					*			
	2,0	0,52*	0,46**	0,20	0,83**	0,34*	0,83**	0,25	0,66**
		*							
	2,5	0,97*	0,59**	0,90**	0,88**	0,84*	0,67**	0,60**	0,27
		*				*			

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

Antes de realizar a análise de trilha, a matriz de correlação entre as quatro variáveis explicativas (altura, copa, caule e ramo) foi submetida à avaliação de problemas proporcionados pela multicolinearidade. Realizadas as análises, constatou-se, para alguns casos, problema severo, segundo critério de Montgomery e Peck (1981), citados por CRUZ (1997), sendo necessário retirar uma das variáveis do modelo.

As equações de regressão que apresentaram os maiores coeficientes de determinação, obtidas pela análise de trilha, são apresentadas na Tabela 3. Percebe-se que na primeira colheita a altura de plantas foi variável determinante da produtividade, independentemente do espaçamento. No espaçamento de 1,0 m, deve-se destacar ainda o efeito contrário à produtividade do diâmetro de caule, apesar de apresentar coeficiente de correlação não-significativo, pois essa variável, junto com a altura (modelo $Y_{4;1,0}$), explicou 90% da variação na produtividade. Já no espaçamento de 2,0 m o desenvolvimento do diâmetro máximo de copa é que impôs restrições à produtividade (modelos $Y_{1;2,0}$ e $Y_{2;2,0}$). No espaçamento de 2,5 m, todos os 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.

Tabela 3 - Equações de regressão linear múltipla, calculadas pela metodologia de análise de trilha, para a produtividade (PRO) das duas primeiras colheitas (1998 e 1999) de seis variedades de café, em quatro espaçamentos entre fileiras, em função de altura de plantas (ALT), diâmetro máximo da copa (DCO), diâmetro de caule (DCA) e número de ramos plagiotrópicos (NRP), em Ervália-MG

Primeira colheita (1998)						Segunda colheita (1999)					
PRO	ALT	COP	CAU	NRP	R ²	PRO	ALT	COP	CAU	NRP	R ²
$Y_{1;1,0} =$	1,704	-0,533	-1,010	0,374	0,99	$Y_{1;1,0} =$	-1,427	-0,087	1,111	1,088	0,99
$Y_{2;1,0} =$	1,621	-0,205	-1,067		0,92	$Y_{2;1,0} =$	-1,460		1,065	1,044	0,99
$Y_{3;1,0} =$	1,514		-1,140	0,113	0,91	$Y_{3;1,0} =$	-1,791	1,449		0,138	0,79
$Y_{4;1,0} =$	1,532		-1,128		0,90	$Y_{4;1,0} =$	-1,774	1,520			0,78
$Y_{1;1,5} =$	0,652	0,904		-0,778	0,89	$Y_{1;1,5} =$	-0,285		0,893	-0,295	0,40
$Y_{2;1,5} =$	0,795	0,125			0,77	$Y_{2;1,5} =$					
$Y_{3;1,5} =$	0,773		0,167		0,78	$Y_{3;1,5} =$					
$Y_{4;1,5} =$	0,912			-0,089	0,77	$Y_{4;1,5} =$					
$Y_{1;2,0} =$	2,476	-2,518		0,636	0,93	$Y_{1;2,0} =$	0,428	-0,066	0,857		0,86
$Y_{2;2,0} =$	2,120	-1,746			0,74	$Y_{2;2,0} =$		0,730	0,624	0,393	0,84
$Y_{3;2,0} =$	0,545			-0,052	0,27	$Y_{3;2,0} =$	0,404		0,802		0,85
$Y_{4;2,0} =$		-0,910	1,189		0,22	$Y_{4;2,0} =$			0,677	0,417	0,84
$Y_{1;2,5} =$	0,662	0,534	-0,093	-0,081	0,99	$Y_{1;2,5} =$	0,967	0,914		-0,775	0,96
$Y_{2;2,5} =$	0,699	0,350			0,99	$Y_{2;2,5} =$	0,100	0,821			0,78
$Y_{3;2,5} =$	0,780		0,256		0,98	$Y_{3;2,5} =$		1,044	-0,199		0,79
$Y_{4;2,5} =$	0,884			0,193	0,98	$Y_{4;2,5} =$		1,048		-0,306	0,84

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

Na segunda colheita, 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. Ainda nesse espaçamento, plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas. No espaçamento de 1,5 m, 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 ($R^2 = 0,40$). No espaçamento de 2,0 m, as correlações de todas as variáveis com a produtividade foram significativas (Tabela 2), 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. No espaçamento de 2,5 m, a altura de planta continuou sendo o fator determinante da produtividade, juntamente com o diâmetro de copa; a combinação que melhor explicou a variação na produtividade ($R^2 = 0,96$) foi entre essas variáveis e o número de ramos plagiotrópicos ($Y_{2;2,5}$).

CONCLUSÕES

Aos 33 meses, o adensamento influenciou as características vegetativas da seguinte forma: aumentou a altura de planta da maioria das variedades; o diâmetro máximo de copa e o diâmetro da base do caule foram influenciados, ou não, pelo adensamento de forma diferenciada, dependendo da variedade; e o número de ramos plagiotrópicos da maioria das variedades não foi afetado pelos espaçamentos.

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 tratamentos culturais e a colheita mesmo em plantios mais adensados.

Aos 20 meses, plantas mais altas tenderam a produzir mais, independentemente do espaçamento utilizado, enquanto o desenvolvimento do diâmetro de caule no espaçamento de 1,0 m e o desenvolvimento do 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 plantas com maior diâmetro de caule e com maior número de ramos plagiotrópicos tenderam a ser mais produtivas.; no de 2,0 m, plantas com maior diâmetro de caule também tenderam a ser mais produtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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. e BARROS, U.V. Observações sobre a ramificação de cafeeiros catuaí sob efeito de vários espaçamentos, na rua e na linha. In: CBPC, 25, 1999, Franca-SP, **Trabalhos apresentados**, Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.33-34.
- 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:UFV, 1997. 124p.
- RENA, A.B.; NACIF, A.P., GUIMARÃES, P.T.G.; BARTHOLO, G.F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.61-70, 1998.
- 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.

TAIZ, L. e ZIEGER, E. **Plant Physiology**, Califórnia, USA: 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.