

Características agronômicas e produção de frutos e grãos em resposta ao aumento na densidade populacional do cafeeiro

Alessandro de Lucca e Braccini^{1*}, Carlos Alberto Scapim¹, Pedro Soares Vidigal Filho¹, Maria do Carmo Lana Braccini², Sidnei Cortez Borges¹ e Leandro Paiola Albrecht¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: albraccini@uol.com.br

RESUMO. Uma das formas mais eficientes de aumentar a produtividade do cafeeiro nos primeiros anos da cultura é por meio de plantios mais adensados. Neste contexto, foi conduzido experimento na Fazenda Experimental de Iguatemi, pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), com objetivo de avaliar a influência do aumento na densidade das plantas sobre as características agronômicas e de produção de frutos e grãos de café. As mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar 'Iapar 59' foram plantadas em outubro de 1997, utilizando-se uma muda por cova nas densidades de 3.333, 5.000, 6.666, 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. As características agronômicas avaliadas foram altura de planta, área média da folha, diâmetro do caule, diâmetro da copa e número de ramos plagiotrópicos. Também foram avaliados o volume e a massa de café cereja, bem como a produção de café despulpado e beneficiado por área e por planta. Os resultados obtidos indicaram que populações próximas de 14.000 plantas ha⁻¹ foram as que apresentaram os melhores resultados nas características de crescimento avaliadas. Contudo, a maior produção por planta foi alcançada com 10.000 plantas ha⁻¹. A produção de grãos apresentou resposta linear crescente, no primeiro ano, e quadrática, no segundo ano, com o aumento na densidade de plantio. A maior produção por área foi obtida com a densidade de 20.000 plantas ha⁻¹, no primeiro ano, e de aproximadamente 15.000 plantas ha⁻¹ no segundo ano.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., características agronômicas, produção, densidade populacional.

ABSTRACT. Agronomic traits and fruit and grain yield related to the increase of coffee plant density. The most efficient way to improve coffee production in the first years is through plant density increasing. This work was carried out at Iguatemi Experimental Farm of the State University of Maringá (UEM) aiming to evaluate the influence of plant density increase on coffee agronomic traits, as well as on fruit and grain yield. The experiment was implanted in October, 1997, using coffee (*Coffea arabica* L.) plants of 'Iapar 59' cultivar. The plant densities evaluated were 3,333; 5,000; 6,666; 10,000 and 20,000 plants per hectare. The experimental design was in randomized blocks with three replications. The agronomic traits evaluated were plant height, leaf area, stem diameter, plant top diameter and number of plagiotropic ramification. Coffee fruits volume and weight, as well as grain yield per area and per plant, were also evaluated. The results indicated that plant populations near 14,000 plants per hectare showed better results in developing the characteristics evaluated; however, the higher production per plant was achieved with the density of 10,000 plants per hectare. The grain yield with plant density increase had linear response in the first year and quadratic response in the second. The highest production per area was achieved with plant populations of 20,000 plants per hectare in the first year and near 15,000 plants per hectare in the second year.

Key words: *Coffea arabica* L., agronomic traits, yield, plant density.

Introdução

A cultura do café continua merecendo um lugar

de destaque na economia agrícola brasileira, devido à sua importância socioeconômica e histórica em algumas regiões do país, entre elas, o Estado do

Paraná, ocupando uma posição importante entre os principais produtos de exportação do país.

No Brasil, a cultura do café foi e continua sendo uma das principais fontes primárias geradoras de divisas para o país e responsável por aproximadamente 15% da receita com as exportações, gerando anualmente cerca de 2,5 bilhões de dólares. Além disso, o Brasil ocupa a liderança mundial na produção e exportação de café, e é, também, o segundo mercado consumidor do produto (Androcioli Filho, 1994).

Segundo Matiello e Carvalho (1983), a ocorrência anormal de fatores climáticos, tais como a geada que em 1969 atingiu 97% dos cafeeiros existentes no Estado do Paraná, reduzindo a safra de 70/71, estimada em 18 milhões de sacas, para apenas 1,8 milhão de sacas do produto, bem como a ocorrência de secas prolongadas, principalmente no Estado de São Paulo, alterou substancialmente o potencial de produção do parque cafeeiro do Brasil. Tal conjuntura, agravada com o aparecimento e a disseminação da ferrugem do cafeeiro no país, a partir de 1970, condicionou a necessidade de renovação dos cafezais, incorporando novos sistemas de plantio e de produção, visando facilitar o controle da doença, bem como aumentar o potencial produtivo das lavouras de café (Matiello, 1991).

No Estado do Paraná, a maioria dos cafeeiros plantados antes do início do plano de renovação da cafeicultura, realizado em 1969, apresentava espaçamentos largos, variando de 4,0 m x 4,0 m a 4,0 x 3,0 m, com várias plantas por cova (sistema moita) e contendo de 625 a 833 covas por hectare. Os cafeeiros plantados nessas distâncias resultam em baixa produção por hectare. Conseqüentemente, surgiram tendências para reduzir as distâncias entre as plantas e proporcionar um maior número de cafeeiros com maior produção por área (Siqueira *et al.*, 1983).

A agricultura moderna exige eficiência, qualidade, preservação e melhoria do ambiente. Portanto, é dentro desse padrão que os modelos tecnológicos de produção de café deverão ser construídos. Os modelos atualmente em uso não estão adaptados para as novas condições. Adotam pequeno número de plantas por área, uma das principais causas da baixa produtividade do café no mundo, além de serem extremamente vulneráveis às situações adversas de mercado e de clima pela estreita margem de lucro, gerando instabilidade para cafeicultor e uma menor capacidade de investimento para a melhoria da qualidade do produto. Conferem, também, pouca proteção ao solo pela pequena cobertura proporcionada pelas plantas do cafeeiro (Androcioli Filho, 1994).

O adensamento de plantio é uma das inovações

preconizadas pela pesquisa cafeeira. Consiste, de maneira geral, em elevar a densidade de plantas por hectare que, associada a melhorias nas fases de colheita e de processamento do café, promove a elevação da produção e a proporção de produto que obtem diferencial de preço, permitindo maior competitividade no setor (Androcioli Filho, 1994).

A prática do adensamento das lavouras de café tem gerado grande polêmica no setor cafeeiro. Aqueles contrários a tal iniciativa argumentam que ela seria indicada apenas para pequenos e médios produtores, em condições bastante específicas. Porém, para os grandes produtores seria contraindicada sem, no entanto, apresentarem razões convincentes. Defensores do sistema de plantio adensado, por sua vez, apresentam duas razões fundamentais para sua posição, ou seja, o menor custo de produção por saca, decorrente da maior produtividade por área (Matsunaga, 1981) e a liberação de áreas da propriedade para cultivos alternativos, já que o mesmo volume de café poderia ser obtido em uma área menor (Martin *et al.*, 1995).

Apesar dos aspectos discutidos anteriormente, a intensificação do cultivo do cafeeiro através do aumento da densidade de plantio é um processo irreversível na maioria dos países produtores. Isto tem contribuído para aumentar a produtividade e a produção do café, principalmente, nos países que adotam essa tecnologia há algumas décadas. No Brasil, o modelo tecnológico proposto pelo Iapar, e que vem sendo implantado com sucesso no Estado do Paraná, incorpora, além de outras tecnologias, a alta densidade de plantio como uma de suas bases de sustentação (Androcioli Filho, 1994).

O espaçamento do cafeeiro tem sido objeto de estudo, dados os efeitos que a população de plantas exerce sobre as características de produção da cultura por unidade de área. Tem-se procurado densidades de plantio aptas a proporcionar ótimas produções e que permitam suficiente espaço para a condução normal das práticas culturais.

O sistema de plantio de café adensado compreende o uso de espaçamentos que resultam numa população cafeeira variando de 5.000 a 10.000 plantas por hectare, ou seja, quatro a cinco vezes maior que a normalmente utilizada. Após a realização de ensaios experimentais, em diferentes regiões cafeeiras do país, foi possível chegar à recomendação de espaçamentos variando de 1,5 m a 2,5 m entre linhas e 0,5 m a 1,0 m entre plantas na linha (Instituto Brasileiro do Café, 1985; Miguel *et al.*, 1986). Em contrapartida, o sistema de plantio superadensado tem por objetivo reduzir ainda mais os espaçamentos entre as linhas e entre as plantas, permitindo a obtenção de populações de café superiores a 10.000 plantas por hectare (Martin *et al.*, 1995).

Estudos realizados em vários países têm demonstrado que uma das grandes vantagens do aumento da densidade de plantio em relação aos cultivos tradicionais é o aumento da produtividade do cafeeiro. A população ideal para cada densidade para se obter máxima produtividade varia, entretanto, com as condições locais e cultivares utilizadas (Androcioli Filho, 1994).

Basagoitia (1981) obteve correlações significativas entre o rendimento total em sete colheitas e o aumento de densidade em populações de 2.994 a 7.128 plantas por hectare, em El Salvador. De acordo com Uribe e Salazar (1981), a produtividade nos quatro ou cinco primeiros anos de colheita da cultivar Caturra aumentou linearmente com a elevação da densidade de 2.500 a 6.410 plantas ha⁻¹, em vários locais na Colômbia. Segundo Uribe e Mestre (1988), estudos com maior número de plantas por hectare realizados naquele país demonstraram que a produtividade média de quatro colheitas da cultivar Caturra aumentou com a densidade até populações de 15.000 plantas ha⁻¹.

Toledo (1979), estudando o efeito do espaçamento, do número de plantas por cova e da condução da planta, nas produções de cafeeiros Mundo Novo, observou, com base em 12 safras, uma produção mais elevada por área para os cafeeiros plantados no espaçamento de 2,0 m x 1,0 m, superioridade esta muito significativa nos quatro primeiros anos. Viana *et al.* (1984), trabalhando em solo de alta fertilidade natural no Estado do Paraná, observaram que a produtividade média em sete colheitas da cultivar Catuaí foi crescente até a densidade máxima estudada de 7.812 plantas ha⁻¹. Siqueira *et al.* (1990), conduzindo experimentos no Iapar, demonstraram que a produtividade média em onze colheitas da cultivar Catuaí aumentou até 7.143 plantas ha⁻¹, e, para a cultivar Icatu, em virtude da resistência à ferrugem, a produtividade média no mesmo período elevou-se linearmente até 14.286 plantas ha⁻¹.

Com base nessas informações, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do aumento na densidade populacional nas

características agrônômicas e de produção de frutos e grãos do cafeeiro.

Material e métodos

O experimento foi instalado em área localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá, utilizando mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar 'Iapar 59', as quais foram plantadas em outubro de 1997, utilizando-se uma muda por cova. As mudas transplantadas apresentavam, aproximadamente, quatro pares de folhas, o que representa oito meses de idade. As densidades de plantio selecionadas para este trabalho bem como os espaçamentos entre linhas e entre covas foram os seguintes: 3.333 (3,0 m x 1,0 m); 5.000 (2,0 m x 1,0 m); 6.666 (3,0 m x 0,5 m); 10.000 (1,0 m x 1,0 m) e 20.000 (1,0 m x 0,5 m) plantas ha⁻¹.

A FEI está localizada no município de Maringá, região Noroeste do Estado do Paraná, situado a 23°25' de latitude sul, 51°57' de longitude oeste e 542 metros de altitude. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico textura arenosa, cujas características químicas encontram-se na Tabela 1. Pela classificação de Köppen, o clima local é caracterizado como "Cfa", subtropical úmido, mesotérmico, com verão quente, com tendências a concentrar as chuvas no período de verão, mas sem estação seca definida (Iapar, 1987). Os dados climáticos de temperatura máxima e mínima, de precipitação pluvial e de umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento, estão apresentados na Figura 1.

A cultivar 'Iapar 59', recomendada para plantio desde 1993, originou-se do cruzamento entre *Coffea arabica* 'Villa Sarchi 971/10' e o Híbrido de Timor 832/2, realizado no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFIC), em Portugal.

Tabela 1. Caracterização química das amostras de solo nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade antes da implantação.

Profundidade	M.O. ⁽¹⁾	pH H ₂ O	P ⁽²⁾	K ⁽²⁾	Ca ⁽³⁾	Mg ⁽³⁾	Al ⁽³⁾	H+Al ⁽⁴⁾	CTC total	V	m
	dag kg ⁻¹		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³			%	
0 - 20	1,24	6,10	9,00	0,06	1,37	0,63	0,00	2,54	4,60	44,8	0,00
20 - 40	0,97	5,60	6,00	0,04	1,17	0,80	0,10	2,74	4,75	42,3	4,74

⁽¹⁾Método Walkley-Black. ⁽²⁾Extrator Mehlich-1. ⁽³⁾Extrator KCl 1 mol L⁻¹ ⁽⁴⁾Extrator Ca(CH₃COO)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0

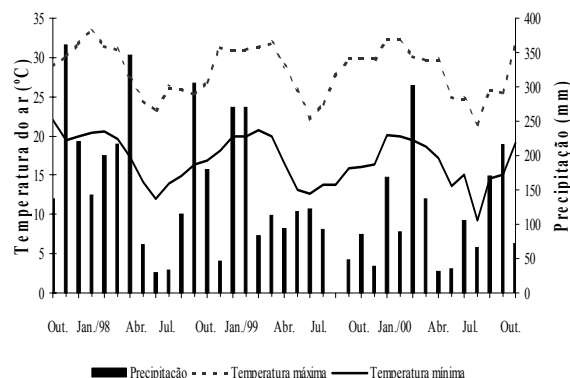


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima mensais observadas no decorrer da fase experimental, de outubro de 1997 a outubro de 2000.

O café 'Iapar 59' tem sido preferencialmente indicado para regiões mais frias e chuvosas do Estado do Paraná, por amadurecer mais precocemente e uniformemente que o Catuai, antecipando a colheita e escapando do dano das geadas precoces sobre frutos verdes. É ideal para plantios adensados e superadensados, devido ao pequeno porte, menor diâmetro da copa e resistência à ferrugem do cafeeiro (Sera, 1997).

As parcelas foram constituídas de plantas em quatro linhas com 8 m de comprimento, variando, nelas, o espaçamento entre linhas e as distâncias entre plantas. A bordadura foi constituída das duas linhas mais externas e 2,0 m de cada extremidade da parcela. Cada unidade experimental de 72 m² recebeu a mesma adubação com macro e micronutrientes, conforme as recomendações do Instituto Brasileiro do Café (1985). A adubação com N e K foi sempre parcelada em quatro vezes no período das chuvas (da primavera até o final do verão). Os adubos foram distribuídos em ambos os lados da linha de plantio.

O controle de plantas daninhas da área experimental, os tratamentos fitossanitários do café para o controle das principais pragas e doenças e as demais práticas culturais foram realizados de acordo com as recomendações do Instituto Brasileiro do Café (1985).

Foram avaliadas, neste experimento, algumas características agrônômicas do cafeeiro, tais como a altura média das plantas, o diâmetro médio do caule, o número de ramos plagiotrópicos, a área foliar e o diâmetro médio da copa. As avaliações foram realizadas aos 18 e 30 meses após o plantio das mudas no campo, que corresponderam ao primeiro e segundo ano de produção do cafeeiro.

A altura média das plantas foi avaliada com o auxílio de régua milimetrada de madeira. A área

média de folhas foi avaliada por amostragem, utilizando-se cinco plantas por tratamento e quatro folhas por planta, tomadas do terço médio da planta e coletadas entre o 3^o e 4^o par de folhas, com base nas recomendações sugeridas por Barros (1972). O acompanhamento da expansão da área das folhas foi realizado tomando-se o maior comprimento do limbo sobre a nervura principal e sua maior largura, em posição perpendicular à primeira, sendo a área calculada de acordo com a seguinte equação, $Y = 0,667X$ em que: Y = área estimada da folha e X = área do seu retângulo circunscrito, deduzida de Barros *et al.* (1973).

O diâmetro médio do caule das plantas medido a 0,1 m do solo foi avaliado com o auxílio de paquímetro metálico, fornecendo leitura com aproximação de 0,01 cm. O diâmetro médio da copa, avaliado a 0,5 m do solo, foi obtido com o auxílio de régua milimetrada de madeira. O número de ramos plagiotrópicos foi determinado por meio de contagem nas plantas presentes na área útil das parcelas.

As características de produção avaliadas foram o volume de café cereja, a massa de café cereja, a produção de café despulpado e de café beneficiado. Essas características foram avaliadas em cinco plantas escolhidas aleatoriamente na área útil das parcelas. A colheita foi realizada em intervalos de 15 dias a partir do início da maturação, colhendo-se apenas os frutos maduros de cada planta selecionada. A produção de frutos e grãos foi avaliada por planta e por área nos dois primeiros anos de produção do cafeeiro, ou seja, aproximadamente 18 e 30 meses após o plantio das mudas.

A produção de frutos foi avaliada por meio do volume e da massa de café cereja. O volume de frutos colhidos foi medido com o auxílio de proveta graduada com capacidade de 0,5 L e a massa dos frutos com a utilização de balança analítica de precisão (0,001 g). Os resultados foram expressos em kg planta⁻¹ e kg ha⁻¹ de café cereja, bem como o volume de café cereja em L planta⁻¹ e L ha⁻¹. Após a colheita, os frutos foram despulpados mecanicamente e degomados por fermentação natural durante vinte e quatro horas. Na avaliação da produção de café despulpado, o grau de umidade dos grãos foi corrigido para 12% base úmida. A massa dos grãos foi avaliada com a utilização de balança analítica com precisão de 0,001 g. Os resultados foram expressos em kg planta⁻¹ e kg ha⁻¹ de café despulpado. A produção de café beneficiado foi estimada com o auxílio das Tabelas de conversão propostas por Bártholo *et al.* (1988). Os resultados foram expressos em kg planta⁻¹ e sacas ha⁻¹ de café beneficiado.

O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições e arranjo dos tratamentos em parcelas subdivididas no tempo, com modificações nos graus

de liberdade, conforme Steel e Torrie (1980). No caso de interação densidade vs ano significativa ($p < 0,05$), avaliou-se o comportamento das variáveis em função da densidade populacional por meio de equações de regressão para cada ano. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste F, considerando os níveis de 5% e 1% de probabilidade e no maior valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2).

Resultados e discussão

Na Figura 2, são apresentados os resultados médios de altura das plantas e da área foliar, em função do aumento na densidade populacional do cafeeiro. A altura média das plantas de café apresentou resposta quadrática nos dois primeiros anos de produção, quando atingiu as alturas máximas de 90,3 cm e 109,9 cm nas populações de 14.832 e 13.707 plantas ha^{-1} , respectivamente, para o primeiro e segundo ano (Figura 2a). Entretanto, a área média de folhas do cafeeiro apresentou resposta linear com a redução do espaçamento no primeiro ano e não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos no segundo ano (Figura 2b).

Njoroge *et al.* (1992), trabalhando com densidades de plantio que variavam entre 1.600 até 4.800 plantas ha^{-1} , observaram que os tratamentos de maior densidade de plantio, ou seja, 3.200 e 4.800 plantas ha^{-1} , foram os que apresentaram alturas de planta significativamente superiores. Esses resultados correspondem aos obtidos no presente trabalho, porém utilizando densidades de plantio bastante superiores.

Observa-se que, nos dois primeiros anos de produção do cafeeiro, aos 18 e 30 meses após o plantio das mudas, as alturas máximas das plantas foram obtidas com densidades populacionais bastante próximas, ou seja, entre 13.700 e 14.800 plantas ha^{-1} . Dessa forma, é possível inferir que populações superiores ou inferiores a esses limites foram prejudiciais ao desenvolvimento do cafeeiro. O pior resultado nos dois primeiros anos de produção foi utilizando a densidade de 3.333 plantas ha^{-1} , indicando que este arranjo espacial (3,0 m x 1,0 m), provavelmente, não foi favorável ao crescimento inicial das plantas de café.

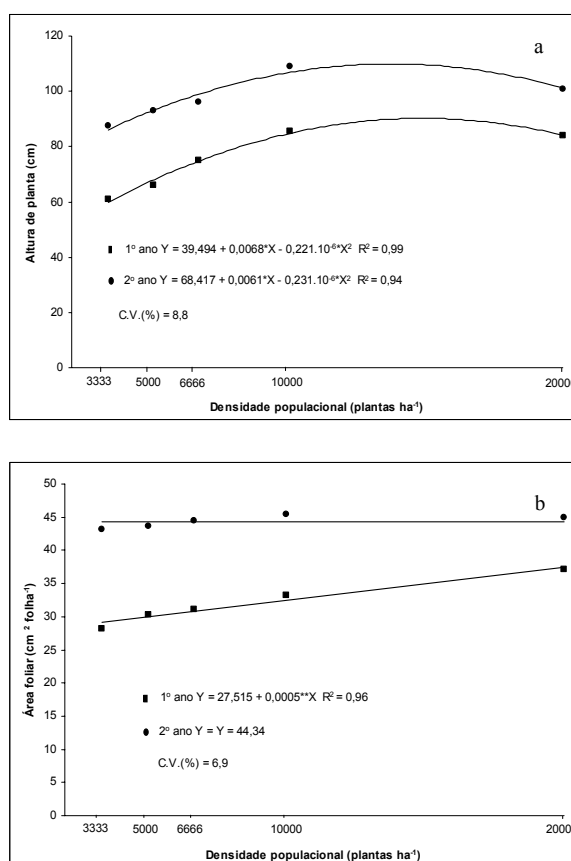


Figura 2. Altura de planta (a) e área foliar (b) do primeiro e do segundo ano do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

Arcila e Chaves (1995), trabalhando com densidades de plantio que variavam de 2.500 até 10.000 plantas ha^{-1} , verificaram que o tamanho médio das folhas tende a diminuir com o aumento da idade das plantas. Entretanto, em relação ao adensamento, os maiores resultados de área foliar foram observados para as densidades de plantio intermediárias, ou seja, 5.000 plantas ha^{-1} . Segundo estes mesmos autores, não houve correlação significativa entre o desenvolvimento foliar e a produção de café cereja.

Na Figura 3, são apresentados os resultados do diâmetro médio do caule, diâmetro médio da copa e do número de ramos plagiotrópicos das plantas, em função do aumento na densidade de plantio do cafeeiro. De forma semelhante aos resultados obtidos na avaliação da altura das plantas (Figura 2a), as respostas foram quadráticas nos dois primeiros anos de produção para as três características avaliadas.

O diâmetro médio do caule das plantas de café apresentou resposta quadrática quando atingiu os diâmetros máximos de 2,78 cm e de 3,77 cm, respectivamente, para o primeiro e segundo ano,

praticamente nas mesmas populações, ou seja, com 14.205 e 14.328 plantas ha^{-1} (Figura 3a). O diâmetro médio da copa também apresentou resposta quadrática, em que as máximas da função (106,6 cm e 144,0 cm) foram obtidas nas populações de 13.865 e 13.776 plantas ha^{-1} , respectivamente para o primeiro e segundo ano (Figura 3b). Por sua vez, o número de ramos plagiotrópicos (Figura 3c) também apresentou resposta quadrática, atingindo os números máximos de 39,58 e 51,35 ramos plagiotrópicos nas populações de 13.900 e 13.750 plantas ha^{-1} (pontos de máxima), no primeiro e segundo ano de produção, respectivamente.

Houve tendência para a obtenção dos melhores resultados para as três características avaliadas, ou seja, diâmetro do caule e da copa e número de ramos plagiotrópicos (Figura 3), com densidades populacionais próximas de 14.000 plantas ha^{-1} , o que está de acordo com os resultados obtidos para altura das plantas, em que as respostas máximas foram alcançadas com populações entre 13.700 e 14.800 plantas ha^{-1} (Figura 2a).

Segundo Njoroge *et al.* (1992), os tratamentos de menor densidade de plantio (1.600 plantas ha^{-1}) foram os que apresentaram os caules com menor diâmetro, o que contraria os resultados obtidos até o momento neste trabalho. Em contrapartida, os mesmos autores observaram que a densidade de plantio de 3.200 plantas ha^{-1} foi que produziu o maior número de ramos plagiotrópicos, em relação aos demais tratamentos.

De acordo com Androcioli Filho e Siqueira (1993), o diâmetro da copa do cafeeiro é um critério proposto para ajustar espaçamentos entre linhas que se constitui em um instrumento valioso para a extensão rural, por levar em consideração as condições locais e os demais fatores que interferem no desenvolvimento da planta. Esse critério possibilita ao extensionista definir o melhor espaçamento inclusive em nível de talhão, contribuindo para aumentar a eficiência da atividade cafeeira. Para isso, é necessário que o técnico tenha como referência, na sua região, o diâmetro da copa de cafeeiros adultos em propriedades com diferentes níveis tecnológicos e capacidade de investimento, em diversos locais e para cada cultivar (Androcioli Filho, 1994).

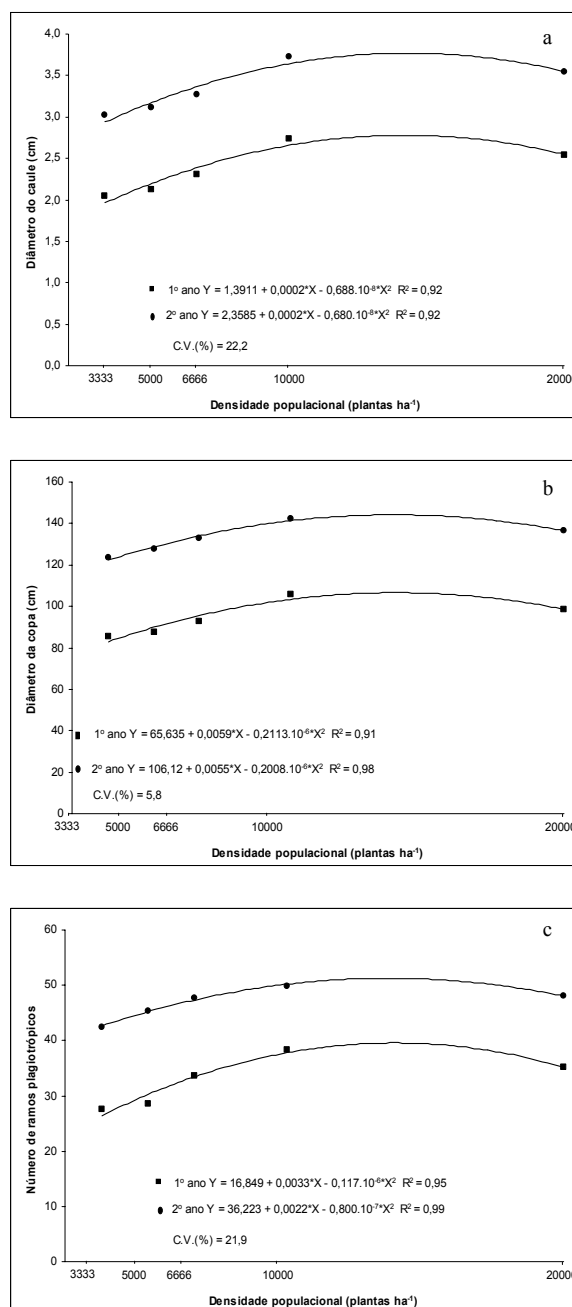


Figura 3. Diâmetro do caule (a) diâmetro da copa (b) e número de ramos plagiotrópicos (c) do primeiro e do segundo ano do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

A produção de café cereja em volume de frutos por área e por planta, em função do aumento na densidade populacional do cafeeiro, está apresentada na Figura 4. O volume de frutos por área apresentou resposta linear no primeiro ano e quadrática no segundo ano de produção, quando o volume máximo de café cereja (36.008 L ha^{-1}) foi obtido na densidade populacional de 15.185,29 plantas ha^{-1} (Figura 4a).

A produção por planta foi bastante variável em

função da densidade estudada (Figura 4b). A população de 10.000 plantas ha^{-1} foi a que apresentou o maior volume de café cereja por planta produzida ($0,74 \text{ L planta}^{-1}$), ao passo que o menor volume por planta ($0,24 \text{ L planta}^{-1}$) foi obtido na densidade de 6.666 plantas ha^{-1} , no primeiro ano de produção do cafeeiro. No segundo ano de produção, as populações que permitiram as maiores produções de frutos foram com 10.000 e 5.000 plantas ha^{-1} , com, respectivamente 3,41 L e 3,05 L planta^{-1} , enquanto que o menor volume produzido ($1,53 \text{ L planta}^{-1}$) nesse mesmo ano foi atingido com a densidade de 20.000 plantas ha^{-1} . Com 20.000 plantas ha^{-1} , a competição entre plantas foi bastante acentuada e o volume de café cereja foi reduzido em 55,13% em relação a 10.000 plantas ha^{-1} .

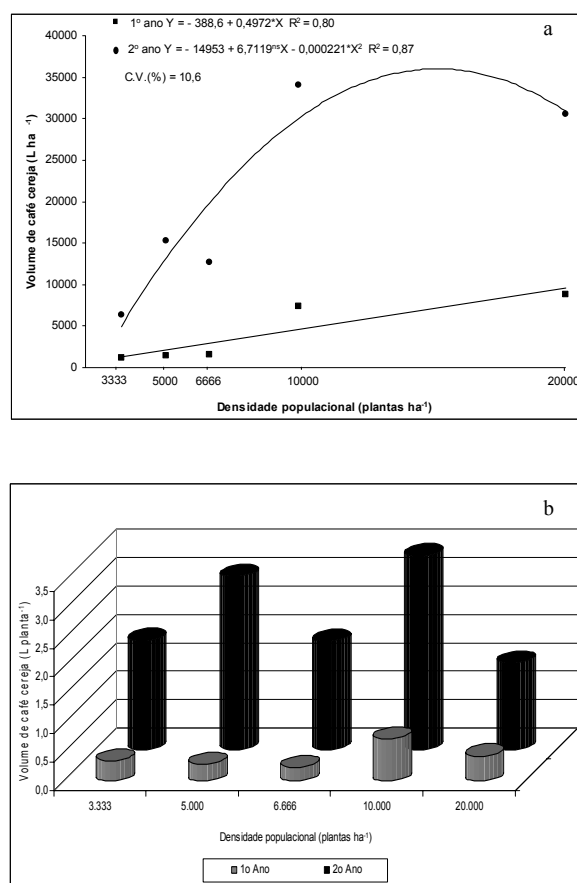


Figura 4. Produção de café cereja em volume de frutos por área (a) e por planta (b), do primeiro e do segundo ano de produção do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

De acordo com Braccini *et al.* (2002), essa redução na produção de frutos com a maior densidade populacional pode ser explicada pelo decréscimo nos teores de N nas folhas observado na mais alta densidade (20.000 plantas

ha^{-1}), provavelmente, em função da competição entre plantas.

Os melhores resultados apresentados pelas densidades populacionais de 10.000 e 5.000 plantas ha^{-1} podem ser explicados pelo arranjo espacial mais favorável ao crescimento e produção do cafeeiro proporcionado por esses tratamentos, ou seja, utilizando espaçamentos de $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ e $2,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$, respectivamente (Figura 4b). Nas populações que apresentaram os piores desempenhos nos dois primeiros anos de produção, ou seja, 6.666 plantas ha^{-1} no primeiro ano e 20.000 plantas ha^{-1} no segundo, o espaçamento entre covas adotado foi de $0,5 \text{ m}$.

Os resultados de produção de café cereja em massa de frutos por área e por planta nos dois primeiros anos de produção da cultura, em função da densidade de plantio encontram-se ilustrados na Figura 5. Observa-se que a massa de frutos produzidos apresentou tendências semelhantes aquelas obtidas pelo volume de café cereja (Figura 4).

No primeiro ano, a tendência também foi linear para produtividade de café cereja e quadrática, no segundo, com rendimento máximo de $21.570 \text{ kg ha}^{-1}$, obtido com a densidade de plantio de 14.933 plantas ha^{-1} (Figura 5a).

Em contrapartida, a produtividade por planta indicou que as densidades que possibilitaram os melhores rendimentos em massa de frutos por planta foram 10.000 plantas ha^{-1} ($0,41 \text{ kg planta}^{-1}$), no primeiro ano, e, em ordem decrescente, 10.000 e 5.000 plantas ha^{-1} , no segundo ano de produção, com $2,07 \text{ kg}$ e $1,85 \text{ kg planta}^{-1}$, respectivamente (Figura 5b). Observou-se, novamente, que os piores resultados de rendimento de frutos por planta, ou seja, $0,13 \text{ kg}$ e $0,89 \text{ kg planta}^{-1}$ foram obtidos nas populações de 6.666 plantas ha^{-1} , no primeiro ano, e 20.000 plantas ha^{-1} , no segundo, respectivamente. A este fato atribui-se novamente o efeito do arranjo espacial adotado para esses tratamentos, isto é, menor espaçamento entre covas, o que provavelmente promoveu maior competição entre plantas nas linhas. Esses resultados estão de acordo com aqueles relatados por Braccini *et al.* (2002). Segundo Nacif (1997), os maiores efeitos nas produções foram em virtude das variações dos espaçamentos, e não das populações ou doses de fertilizantes aplicadas.

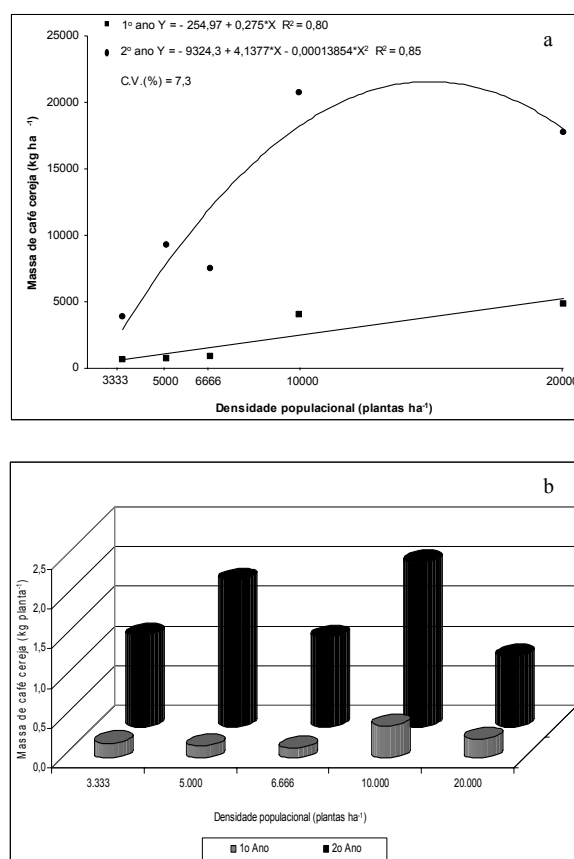


Figura 5. Produção de café cereja em massa de frutos por área (a) e por planta (b), do primeiro e do segundo ano de produção do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

Na Figura 6, estão apresentados os resultados de produção de café despulpado por área e por planta, em função do aumento na densidade populacional do cafeeiro. O rendimento de café despulpado por área (Figura 6a) apresentou tendência linear, no primeiro ano, e quadrática, no segundo, permitindo os cálculos do ponto de máxima (15.186 plantas ha⁻¹) e máxima da função (6.254 kg ha⁻¹). Entretanto, a produtividade por planta não permitiu o ajuste de equações de regressão (Figura 6b). Observa-se, nesse caso, que a produtividade de café despulpado por planta foi superior na densidade populacional de 10.000 plantas ha⁻¹ nos dois primeiros anos de produção do cafeeiro 'Iapar 59' (0,13 kg e 0,59 kg planta⁻¹, respectivamente) e inferior nas densidades de 6.666 plantas ha⁻¹ (0,04 kg planta⁻¹), no primeiro ano e de 20.000 plantas ha⁻¹, no segundo, com produtividade de apenas 0,27 kg planta⁻¹ (Figura 6b). Esses resultados estão coerentes com aqueles obtidos anteriormente para produção de frutos (Figuras 4 e 5).

De acordo com Braccini *et al.* (2002), a

competição entre plantas é evidenciada pela redução da produção de café beneficiado por planta com a população de 20.000 plantas ha⁻¹. A produção por planta foi de 387,5 g com a população de 10.000 e de 189,5 g para 20.000 plantas. Com 20.000 plantas por hectare, a competição entre plantas por luz, água e nutrientes é mais acentuada (Rivera, 1991; Rena *et al.*, 1998), no entanto, a produtividade por área é semelhante entre as duas populações. Portanto, a redução da produção por planta é compensada pelo aumento da densidade de plantas.

Esperava-se que as maiores produções por planta de café cereja e despulpado ocorressem para os tratamentos de plantio menos adensados, em virtude da menor competição entre plantas. Contudo, os resultados obtidos estão coerentes com as características de crescimento avaliadas (Figuras 2 e 3), em que populações próximas de 14.000 plantas ha⁻¹ foram as que apresentaram os melhores resultados, por meio do cálculo dos pontos de máxima das equações ajustadas. Dessa forma, o maior crescimento do cafeeiro, nos primeiros 30 meses, observado para aquela densidade de plantio, relacionou-se com o maior volume e massa de café cereja produzidos por planta, bem como com a maior produtividade de grãos despulpados na densidade de aproximadamente 15.000 plantas ha⁻¹ (Figuras 4, 5 e 6).

Entretanto, não é possível realizar inferências mais detalhadas sobre o comportamento do cafeeiro por se tratar dos dois primeiros anos de produção. Com o decorrer das safras de café, os resultados das características de rendimento tendem a apresentar maior equilíbrio e homogeneidade. Contudo, os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com a literatura consultada, no que se refere aos primeiros anos de produção do cafeeiro (Njoroge *et al.*, 1992; Pavan *et al.*, 1994; Toledo e Barros, 1999).

Foi possível constatar, neste trabalho, que o aumento na produção de café por área, avaliado por intermédio das características de massa de café cereja, volume de café cereja e rendimento de café despulpado, apresentou uma relação direta com o aumento na densidade de plantio no primeiro ano de produção. Nota-se, nesse caso, que ocorreu um aumento linear crescente na produção do cafeeiro, quando os espaçamentos foram reduzidos (Figuras 4 a 6).

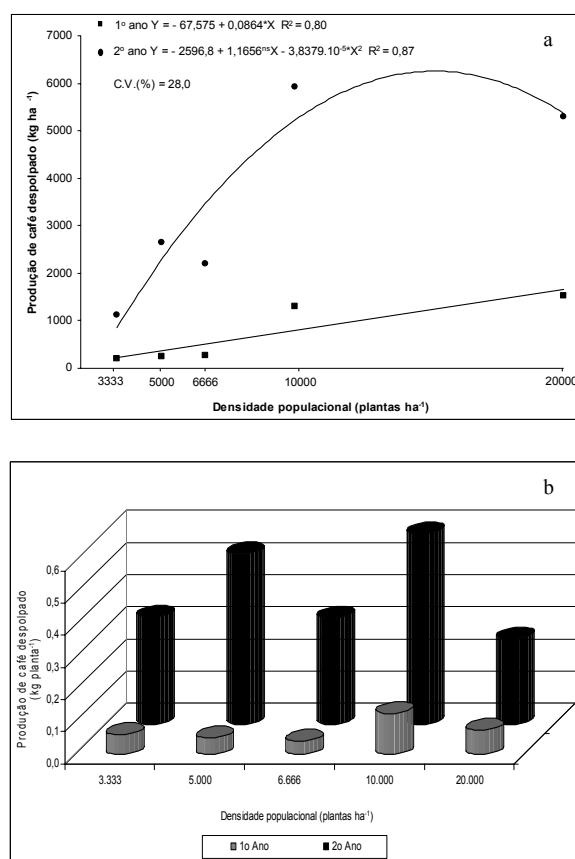


Figura 6. Produção de café despulpado por área (a) e por planta (b), do primeiro e do segundo ano de produção do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

Os resultados de produção de café beneficiado por área e por planta nos dois primeiros anos de produção da cultura, em função da densidade de plantio, encontram-se ilustrados na Figura 7. A produção por área apresentou resposta linear com a redução do espaçamento no primeiro ano (Figura 7a). O tratamento que correspondeu ao maior adensamento de plantio (20.000 plantas ha⁻¹) foi o que apresentou os maiores valores de rendimento de café beneficiado nesse primeiro ano de produção (18,26 sacas ha⁻¹), ao passo que os tratamentos menos adensados (3.333, 5.000 e 6.666 plantas ha⁻¹) apresentaram rendimentos bastante inferiores, variando entre 2,47 a 3,33 sacas ha⁻¹.

Segundo Siqueira *et al.* (1983), as produções do Acaia e Icatu foram superiores na maior densidade de plantio avaliada, enquanto que não foi observado efeito do espaçamento na linha de plantio na produção do Catuaí-Vermelho. Toledo e Barros (1999) observaram que o aumento da densidade de plantio proporcionou aumento de produção nas primeiras colheitas da cultivar Mundo Novo.

No segundo ano a resposta do cafeeiro 'Iapar 59' foi quadrática, quando atingiu a produtividade

máxima (75,18 sacas ha⁻¹) na população de 15.185 plantas ha⁻¹ (Figura 7a). O rendimento máximo (0,43 kg planta⁻¹) por planta foi obtido na densidade de 10.901 plantas ha⁻¹ nesse mesmo ano (Figura 7b).

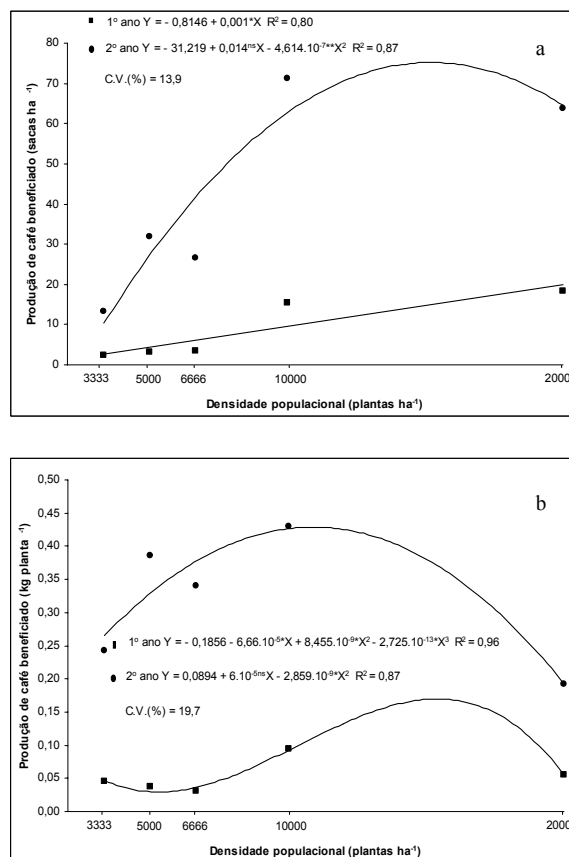


Figura 7. Produção de café beneficiado por área (a) e por planta (b), do primeiro e do segundo ano de produção do cafeeiro 'Iapar 59', em função do aumento na densidade populacional.

De acordo com Pavan *et al.* (1994), os resultados obtidos demonstraram aumentos na produção de café com o aumento da densidade de plantio em lavouras mecanizadas, principalmente, nas primeiras colheitas, proporcionando um retorno mais rápido do capital investido. Estes mesmos autores concluíram, também, que o sistema de cultivo com alta densidade restabeleceu rapidamente os níveis de produtividade de café após ocorrência de geada, apresentando-se como o mais adequado às regiões propensas à ocorrência de baixas temperaturas. Além disso, ambas as cultivares de *Coffea arabica* L, utilizadas no estudo (Catuaí e Acaia), apresentaram alto potencial produtivo em sistemas adensados.

A produção por área apresentou aumento linear com a redução do espaçamento, no primeiro ano, e resposta quadrática, no segundo ano, atingindo a produtividade máxima com a população em torno de 14.000 plantas ha⁻¹ (Figura 7). A produção por planta

também apresentou resultados semelhantes nesse mesmo ano. A máxima produção por planta foi alcançada com a densidade de 10.000 plantas ha⁻¹, no segundo ano. Os resultados de rendimento confirmam a existência de um fator limitante sobre a produção por área e por planta nas menores densidades de plantio (3.333, 5.000 e 6.666 plantas ha⁻¹).

A disposição das plantas no espaçamento 1,0 m x 1,0 m (10.000 plantas ha⁻¹) proporcionou condições mais favoráveis ao desenvolvimento e à produtividade do cafeeiro em relação aos espaçamentos 1,0 x 0,5 (20.000 plantas ha⁻¹) ou 3,0 m x 1,0 m (3.333 plantas ha⁻¹), no segundo ano de produção. Com 20.000 plantas por hectare, a competição entre plantas por luz, água e por nutrientes foi acentuada naquele ano (Figura 7). A produtividade por área nessa densidade foi reduzida em 10,51% em relação a 10.000 plantas e diminuiu em 55,27%, com o aumento do espaçamento entre fileiras para 2,0 m (5.000 plantas ha⁻¹) e, em, 81,22%, com o aumento do espaçamento para 3,0 m (3.333 plantas ha⁻¹). Esses resultados indicaram que a população de plantas mais adequada encontra-se próxima a 10.000 plantas ha⁻¹.

Conclusão

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram concluir que populações próximas de 14.000 plantas ha⁻¹ foram as que apresentaram os melhores resultados para as características de crescimento avaliadas. A população mais adequada à produção de frutos e de grãos de café por planta foi de 10.000 plantas ha⁻¹. A produtividade de grãos apresentou resposta linear crescente, no primeiro ano, e quadrática, no segundo ano, com o aumento na densidade de plantio. A densidade populacional mais adequada à produção por área de grãos do cafeeiro 'Iapar 59' foi de 20.000 e de aproximadamente 15.000 plantas ha⁻¹ para o primeiro e segundo anos, respectivamente.

Referências

- ANDROCIOLI FILHO, A. Procedimentos para adensamento de plantio e contribuição para o aumento da produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO 1994. Londrina, Iapar, 1994. *Resumos...* Londrina: Iapar, 1994. p. 26.
- ANDROCIOLI FILHO, A.; SIQUEIRA, R. O diâmetro da saia do cafeeiro como critério para ajuste de espaçamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 19, Três Pontas, 1993. *Resumos...* Três Pontas: MAARA, 1993. p. 16-17.
- ARCILA P.J.; CHAVES C.B. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Cenicafé*, Bogotá, v. 46, n. 1, p. 05-20, 1995.
- BARROS, R.S. *Influenciados fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (Coffea arabica L.)*. 1972. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1972.
- BARROS, R.S. *et al.*. Determinação da área de folhas do café (Coffea arabica L. cv. 'Bourbon Amarelo'). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BÁRTHOLO, G.F. *et al.* Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 33-44, 1988.
- BASAGOITIA, C.R. Efecto de cuatro distanciamiento de siembra en el desarrollo y producción del cafeto. *Boletín Técnico ISIC*, v. 7, p. 11-22, 1981.
- BRACCINI, M.C.L. *et al.* Produção de grãos, concentração e aproveitamento de nutrientes em resposta ao aumento na densidade de plantio do cafeeiro. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1205-1211, 2002.
- IAPAR-INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Londrina: Iapar, 1987.
- IBC-INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 5. ed. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985.
- MATIELLO, J.B. *O café: do cultivo ao consumo*. São Paulo: Globo, 1991.
- MATIELLO, J.B.; CARVALHO, F. Pesquisa cafeeira - contribuição marcante para o desenvolvimento da cafeicultura. In: MALAVOLTA, E. *et al.* (Ed.). *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba: Potafos, 1983. p. 01-09.
- MARTIN, N.B. *et al.* Custos e rentabilidade de diferentes sistemas de produção de café, 1995. *Informações Econômicas*, São Paulo. v. 25, n. 8, p. 35-47. 1995.
- MATSUNAGA, M. *Alternativas tecnológicas na cultura do café no Estado de São Paulo*. 1981. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.
- MIGUEL, A.E. *et al.* Espaçamento e condução do cafeeiro. In: RENA, A.B. *et al.* (Ed.). *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 303-322.
- NACIF, A.P. *Fenologia e produtividade do cafeeiro (Coffea arabica L.) cv. Catuai sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio-MG*. 1987. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- NJOROGE, J.M. *et al.* The influence of tree training and plant density on growth, yield components and yield of Arabica coffee cv. Ruiru 11. *J. Hortic. Sci.*, Ashford, v. 67, n. 5, p. 695-702, 1992.
- PAVAN, M.A. *et al.* A. Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. *Turrialba*, San José, v. 44, n. 4, p. 227-231, 1994.
- RENA, A.B. *et al.* Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônômicos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 19, p. 61-79, 1998.
- RIVERA, R. Densidad de plantacion y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado en el cultivo de l cafeto, variedad caturra, sobre suelos ferralíticos rojos

- compactados. *Cultivos Tropicales*, San José, v. 12, p. 5-8, 1991.
- SERA, T. Cultivares no “modelo Iapar” de café adensado. Londrina: Iapar, 1997. 5.
- SIQUEIRA, R. et al. Densidade de plantio, poda dos primeiros ramos e produção de duas cultivares de café e do híbrido ‘Icatu’. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 18, n. 7, p. 763-769, 1983.
- SIQUEIRA, R. et al. Efeito de oito densidades de plantio na produtividade de três cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e do híbrido Icatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 16. Espírito Santo do Pinhal, 1990. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC/Gerca, 1990. p. 86.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1980.
- TOLEDO, S.V. Espaçamento, número de plantas por cova e condução da planta e seus efeitos na produção de cafeeiros Mundo Novo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 7. Araxá, 1979. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC/Gerca, 1979. p. 47-50.
- TOLEDO, S.V.; BARROS, I. Influência da densidade de plantio e sistema de podas na produção de café. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1379-1384, 1999.
- URIBE, A.; SALAZAR, N. Distancias de siembras y dosis de fertilizantes en la producción de café. *Cenicafé*, Bogotá, v. 32, p. 88-105, 1981.
- URIBE, A.; MESTRE, A. Efecto de la densidad de siembra y de la disposición de los arboles en la producción de café. *Cenicafé*, Bogotá, v. 39, p. 31-42, 1988.
- VIANA, A.S. et al. Efeito de espaçamentos progressivos na produção de café por cova e por área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11. Londrina, 1984. *Resumos...* Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p. 171-174.

Received on July 23, 2004.

Accepted on June 10, 2005.