

Produção de grãos, concentração e aproveitamento de nutrientes em resposta ao aumento na densidade de plantio do café

Maria do Carmo Lana Braccini¹, Alessandro de Lucca e Braccini^{2*}, Carlos Alberto Scapim², Pedro Soares Vidigal Filho² e André Vinicius Zabini²

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: albraccini@uol.com.br

RESUMO. Uma das formas mais eficientes de aumentar a produtividade do café nos primeiros anos da cultura é por meio de espaçamentos mais adensados. Este trabalho tem por objetivo avaliar o aproveitamento de adubo, a absorção de nutrientes e a produção de café em função de diferentes densidades de plantio. O experimento foi implantado em outubro de 1997, utilizando-se mudas de café, *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), da variedade 'IAPAR 59'. As densidades de plantio avaliadas foram: 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. Cada parcela experimental de 72 m² recebeu a mesma adubação com macro e micronutrientes. Foram avaliados a produção de café beneficiado, a área foliar, a biomassa seca das folhas e os teores foliares de macro e micronutrientes e as características químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, aos 12 e 24 meses. No segundo ano de cultivo, a máxima produção por área e por planta foi alcançada com as densidades de 15.139 e 10.875 plantas ha⁻¹, respectivamente. Com 20.000 plantas, a competição entre plantas por luz, água e nutrientes é acentuada, e a produção por planta foi reduzida em 51% em relação a 10.000 plantas, entretanto, a produção por área foi semelhante entre as duas populações. Houve maior aproveitamento de N, P e K nas maiores densidades de plantio.

Palavras-chave: café, densidade de plantio, produção, aproveitamento de nutrientes.

ABSTRACT. Grain production, nutrient concentration and utilization in response to the increase of coffee plant density. The most efficient means of improving coffee production in the first years is by mean of increasing plant density. This work had the objective of evaluating the fertilizer utilization, nutrients absorption and coffee production in relation to different plant densities. The experiment was implanted in october 1997 using coffee plants, *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), of 'IAPAR 59' variety. The plant densities evaluated were: 3333; 5000; 6666; 10000 and 20000 plants per hectare. The experimental design used was in randomized blocks with three replications. Each plot of 72 m² received the same fertilization with macro and micronutrients. The coffee production, foliar area, leaves dry biomass, macro and micronutrients foliar contents and soil chemical characteristics between zero to 20 and 20 to 40 cm deep were evaluated on the 12th and 24th months of plant development. In the second year the highest production per area and per plant was achieved with the density of 15,139 and 10,875 plants per hectare, respectively. With 20,000 plants per hectare the competition by light, water and nutrients was high and the production per plant was reduced in 51% in relation to 10,000 plants per hectare of density, however, the production per area was similar between the two strains populations. The N, P and K utilization was more efficient in higher planting densities.

Key words: coffee, planting density, production, nutrient utilization.

Introdução

No Estado do Paraná, a maioria dos cafeeiros plantados antes do início do plano de renovação da cafeicultura em 1969, apresentava espaçamentos largos, variando de 4,0 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, sendo que cafeeiros plantados nestas distâncias resultam em baixa produção por hectare. Consequentemente, 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).

Nos espaçamentos mais largos tradicionais, o declínio contínuo da capacidade produtiva do solo ao longo dos anos tem sido uma das principais causas do abandono das lavouras de café em muitas regiões brasileiras. A erosão, a lixiviação, a oxidação da matéria orgânica e a acidificação dos solos pelos fertilizantes nitrogenados são os componentes para a contínua e acelerada degradação da fertilidade do solo (Pavan e Chaves, 1996).

A lavoura adensada é o sistema apropriado para a conservação do solo, pois, além de diminuir a perda de fertilidade, proporciona melhor manejo dos resíduos vegetais e melhoria no sistema de reciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio, reduzindo perdas na forma de nitrato, que é uma das principais causas da acidificação dos solos após o processo de nitrificação do amônio (Pavan e Chaves, 1996). O acúmulo de matéria orgânica num sistema adensado melhora a capacidade produtiva do solo pelo aumento do pH, dos teores de Ca, Mg, K e P e do carbono orgânico e da diminuição do alumínio trocável (Pavan et al., 1986; Pavan e Chaves, 1996; Nacif, 1997).

A agricultura atual exige eficiência, qualidade, preservação e melhoria do ambiente. Portanto, é dentro desse padrão que deverá ser construídos os modelos tecnológicos de produção de café. Os modelos atualmente em uso não estão adaptados para estas 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 clima pela estreita margem de lucro, gerando instabilidade ao cafeicultor e menor capacidade de investimento para melhoria da qualidade do produto. Conferem, também, pouca proteção ao solo pela pequena cobertura proporcionada pelo cafeeiro (Androcioli Filho, 1996).

Uma das formas mais eficientes de aumentar a produtividade do cafeeiro nos primeiros anos da cultura é por meio de espaçamentos mais adensados. A principal vantagem dos plantios adensados além do ganho de produtividade com menor custo de produção é a utilização mais

eficiente da radiação solar, da água e dos nutrientes (Rena et al., 1998). Ao produzir mais café por área, a lavoura adensada requer maior quantidade de fertilizantes por hectare para repor o nutriente extraído e para manter a parte vegetativa proporcionada pelo aumento no número de plantas por área. Entretanto, com a implantação do cultivo adensado surgiram dúvidas quanto às doses de fertilizantes necessárias para garantir o aumento na produção. As novas densidades podem ocasionar aumentos no coeficiente de aproveitamento dos fertilizantes e dos nutrientes presentes no solo, de tal forma que os incrementos nas doses não são diretamente proporcionais ao aumento no número de plantas (Rivera, 1991).

Desta forma, este trabalho tem por objetivo avaliar o aproveitamento de adubo, a concentração de nutrientes e a produção de café em função de diferentes densidades de plantio.

Material e métodos

O presente experimento foi instalado em área localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná, utilizando mudas de cafeeiro, *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), da variedade 'IAPAR 59', as quais foram plantadas em outubro de 1997, utilizando-se uma muda por cova. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico textura arenosa, cujas características químicas se encontram na Tabela 1. As densidades de plantio selecionadas para este trabalho, bem como os espaçamentos entre linhas e entre covas, foram os seguintes: 3.333 (3,0 x 1,0 m); 5.000 (2,0 x 1,0 m); 6.666 (3,0 x 0,5 m); 10.000 (1,0 x 1,0 m) e 20.000 (1,0 x 0,5 m) plantas . ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de quatro linhas de plantas, com 8 m de comprimento, variando, nestas, o espaçamento entre linhas e as distâncias entre plantas. A área útil das parcelas foi de 24 m², e a bordadura foi constituída das duas linhas mais externas e 2,0 m de cada extremidade da parcela.

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 ⁽³⁾	Ca ⁽⁴⁾	Mg ⁽⁵⁾	Al ⁽⁶⁾	H+Al ⁽⁶⁾	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

Cada parcela experimental de 72 m² recebeu adubação com macro e micronutrientes, de acordo com a Tabela 2. 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. Antes da primeira adubação de cobertura, no mês de outubro, foram coletadas amostras do 3º e 4º pares de folha na altura média da planta, colhendo dois pares um de cada lado da planta, em um total de 20 folhas por área útil para cada densidade de plantio, para avaliação dos teores de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn). Amostras de 0,5 g de material vegetal foram mineralizadas por digestão nítrico-perclórica na proporção 4:2. Nos extratos, P foi determinado pelo método do ácido ascórbico, modificado por Braga e Defelipo (1974), K, por fotometria de emissão de chama, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn por espectrometria de absorção atômica. Nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl.

Tabela 2. Esquema de aplicação de fertilizantes no cafeeiro adensado

Nutriente	Fonte	Implantação (1997)	1998	1999
----- kg ha ⁻¹ do nutriente -----				
N	(NH ₄) ₂ SO ₄	20,0	80,0	80,0
P ₂ O ₅	Superfosfato Simples	30,0	60,0	30,0
K ₂ O	KCl	30,0	60,0	80,0
Zn	ZnSO ₄	1,0	2,0	--
B	H ₃ BO ₃	0,5	1,0	--
Cu	CuSO ₄	--	--	5,0
Calagem	Calciário ¹	--	--	300,0

¹ Calciário dolomítico (80% PRNT)

Para a avaliação das características químicas do solo, as amostras de solo aos 12 e 24 meses foram coletadas entre plantas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm no mês de outubro. Foram coletadas cinco amostras simples por parcela para constituir uma amostra composta. Nestas amostras, determinaram-se: teor de matéria orgânica, pH em água; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; K, P, Zn, Fe, Cu e Mn pelo extrator Mehlich-1; H⁺ + Al com Ca(CH₃COO)₂ a pH 7,0 (Embrapa, 1997).

A primeira colheita foi realizada durante os meses de maio a julho de 1999 e a segunda, nos meses de março a julho de 2000, em intervalos de 30 dias até o final da colheita. Os frutos foram colhidos no estádio de cereja em amostras de cinco plantas representativas da área útil das parcelas obtendo-se a produção por planta. Posteriormente, foram despolidos, secos, beneficiados e pesados obtendo-se a produção de café por hectare. Os resultados foram expressos em rendimento de café beneficiado em kg por hectare.

A eficiência de aproveitamento do nutriente aplicado expresso, em kg de café beneficiado por kg do nutriente aplicado, foi obtida pelo somatório das duas produções dividido pela quantidade total do nutriente aplicado durante o período de cultivo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância no delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas no tempo, com modificações nos graus de liberdade, conforme Steel e Torrie (1980). Na presença da interação densidade x 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

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 de 15.139 plantas ha⁻¹ (Figura 1a), enquanto que a produção máxima por planta foi alcançada com a densidade de 10.875 plantas ha⁻¹ (Figura 1b). Os resultados de rendimento confirmam a existência de um fator limitante sobre a produção por área e por planta nas densidades de 3.333, 5.000 e 6.666 plantas . ha⁻¹. Entretanto, estes resultados se referem a apenas dois anos de cultivo e, neste caso, a população que apresentou melhor resultado pode não ser a mesma após uma avaliação por maior intervalo de tempo. O plantio adensado de cafeeiros é um sistema que proporciona melhores condições de absorção de nutrientes e de ciclagem de nutrientes, principalmente de C, N e P (Pavan *et al.*, 1997).

A disposição das plantas no espaçamento 1,0 x 1,0 (10.000 plantas) proporcionou condições mais favoráveis à produção do cafeeiro em relação aos espaçamentos 1,0 x 0,5 (20.000) ou 2,0 x 1,0 (5.000). A competição entre plantas é evidenciada pela redução da produção de café beneficiado por planta com a população de 20.000. A produção por planta foi de 387,5 g com a população de 10.000 e de 189,5 g para 20.000 plantas (Figura 1b). 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 (Figura 1a).

Portanto, a redução da produção por planta é compensada pelo aumento da densidade de plantas. A máxima produção por planta foi alcançada com a população de 10.875, portanto, encontra-se próximo de 10.000 plantas ha^{-1} , com dois anos de cultivo. Rivera (1991) também encontrou que a densidade de 10.000 plantas da variedade Caturra apresentou produção superior entre 30 a 100% do que a produção de 5.000 plantas dependendo da adubação nitrogenada. Nacif (1997) verificou que os maiores efeitos nas produções foram em virtude das variações dos espaçamentos, e não das doses de fertilizantes. No entanto, nos solos mais férteis os espaçamentos devem ser maiores, em vista do maior desenvolvimento das plantas e da maior rapidez de fechamento da lavoura (Androcioli Filho, 1996).

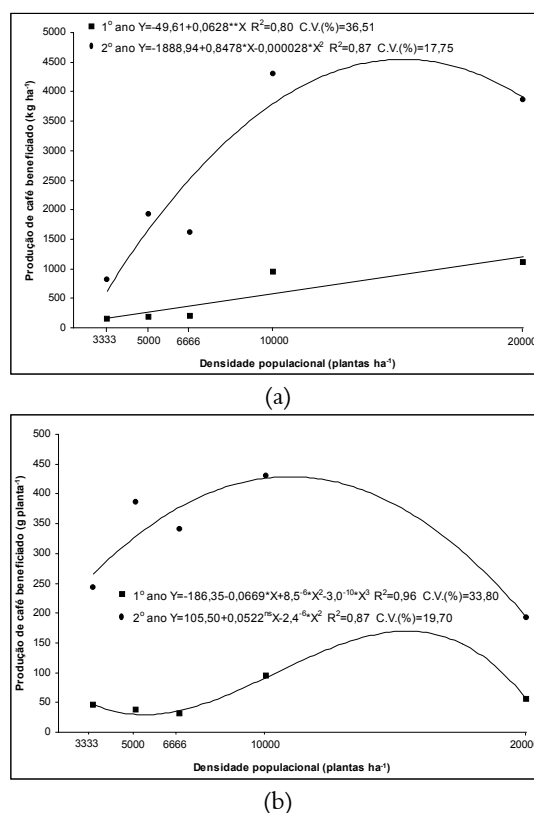


Figura 1. Produção de café beneficiado por área (a) e por planta (b), do primeiro e do segundo ano de produção do café IAPAR 59, em função do aumento na densidade de plantio

O teor de N nas folhas no segundo ano aumentou com o número de plantas mas decresceu com a maior alta densidade populacional, provavelmente, em função da competição entre plantas (Figura 2a). A redução do espaçamento aumenta a competição por nutrientes de maior mobilidade

como N. Na população de 20.000 plantas, o teor de N nas folhas está abaixo do nível crítico adequado para o café que é de 2,9 a 3,2 dag kg^{-1} (Malavolta *et al.*, 1997). A adubação é igual para as diferentes densidades, ou seja, a dose é igual por área. No entanto, nos espaçamentos mais largos, consequentemente a dose por planta é maior, mas o rendimento é menor, o que indica grande perda de adubo, principalmente de nitrogênio, nos maiores espaçamentos.

O aumento na população de café elevou o teor de P disponível no solo, após o primeiro e segundo ano de implantação (Tabelas 3 e 4). O teor de P aumentou de 35,7 mg kg^{-1} (3.333 plantas) para 73,7 mg kg^{-1} (20.000 plantas) na profundidade de 0-20 cm no segundo ano. Esta melhor disponibilidade de P no solo foi refletida pelo aumento da concentração de P na folha no segundo ano (Figura 2b). Pavan e Chaves (1996) constataram que em lavouras adensadas o fósforo solúvel aplicado ao solo permanece por mais tempo na forma disponível para as plantas (H_2PO_4^-) devido ao aumento do pH e da concentração de ânions orgânicos, evitando a formação de compostos de baixa solubilidade como fosfato de Fe e Al.

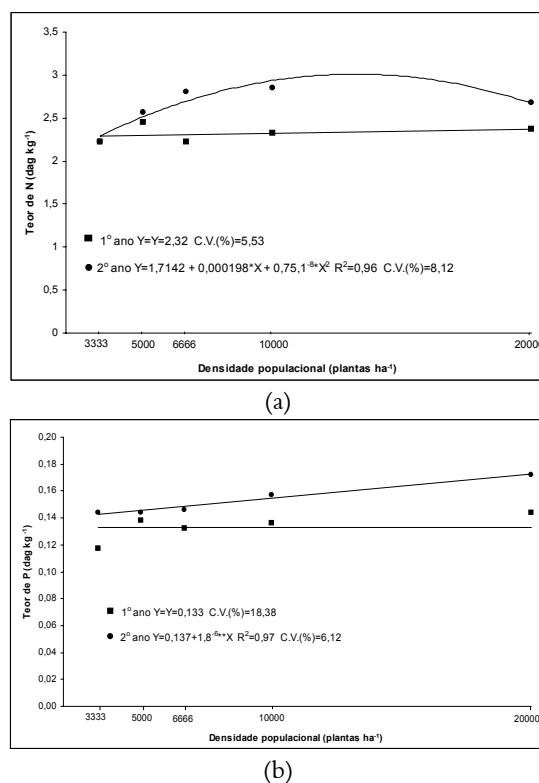


Figura 2. Teores de nitrogênio (a) e de fósforo (b) nas folhas do primeiro e do segundo ano do café IAPAR 59, em função do aumento na densidade de plantio

Tabela 3. Caracterização química das amostras de solo das diferentes densidades de plantio, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, aos 12 meses da implantação

Densidade	M.O. ⁽¹⁾	pH H ₂ C	P ⁽²⁾	K ⁽²⁾	Ca ⁽³⁾	Mg ⁽³⁾	Al ⁽³⁾	H+Al ⁽⁴⁾	CTC total	V	m	Zn ⁽²⁾	Fe ⁽²⁾	Mn ⁽²⁾	Cu ⁽²⁾
plantas ha ⁻¹	dag kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³				%		mg kg ⁻¹			
0 - 20 cm															
3.333	0,88	6,23	26,33	0,15	1,54	0,41	0,03	2,27	4,37	48,0	1,91	8,85	11,84	42,22	2,03
5.000	0,79	6,17	33,67	0,17	1,44	0,79	0,00	2,38	4,78	50,2	0,00	11,29	10,25	43,97	2,10
6.666	0,72	6,17	38,00	0,16	1,43	0,66	0,00	2,32	4,57	47,4	0,00	8,63	11,67	57,14	2,06
10.000	0,69	5,90	32,00	0,14	1,24	0,68	0,07	2,54	4,60	44,8	3,30	4,75	12,83	41,26	2,20
20.000	0,72	6,20	47,33	0,14	1,51	0,81	0,00	2,33	4,79	51,4	0,00	11,66	13,30	41,63	2,09
20 - 40 cm															
3.333	0,67	5,43	14,00	0,14	1,25	0,55	0,17	2,44	4,38	44,3	8,06	8,59	11,51	34,50	1,82
5.000	0,67	5,97	18,33	0,13	1,50	0,72	0,00	2,23	4,58	51,3	0,00	7,14	9,45	35,53	1,91
6.666	0,71	5,87	12,00	0,14	1,40	0,61	0,03	2,38	4,53	47,5	1,38	5,67	9,63	39,04	2,06
10.000	0,57	5,40	13,67	0,10	0,90	0,53	0,20	2,54	4,07	37,6	11,56	5,32	11,55	34,09	2,24
20.000	0,59	5,73	16,00	0,08	1,40	0,58	0,13	2,40	4,46	46,2	6,31	6,70	11,96	33,71	2,19

⁽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

Tabela 4. Caracterização química das amostras de solo das diferentes densidades de plantio, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, aos 24 meses da implantação

Densidade	M.O. ⁽¹⁾	pH H ₂ C	P ⁽²⁾	K ⁽²⁾	Ca ⁽³⁾	Mg ⁽³⁾	Al ⁽³⁾	H+Al ⁽⁴⁾	CTC total	V	m	Zn ⁽²⁾	Fe ⁽²⁾	Mn ⁽²⁾	Cu ⁽²⁾
plantas ha ⁻¹	dag kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³				%		mg kg ⁻¹			
0 - 20 cm															
3.333	1,05	5,57	35,67	0,25	1,21	0,62	0,03	2,74	4,82	43,2	1,42	10,54	11,67	51,87	2,27
5.000	0,91	5,90	48,33	0,17	1,62	0,76	0,00	2,74	5,29	48,2	0,00	8,97	10,68	63,64	2,28
6.666	0,98	5,80	55,33	0,27	1,47	0,68	0,07	2,75	5,17	46,8	2,81	17,51	11,80	79,01	2,22
10.000	1,28	5,30	64,67	0,38	1,40	0,58	0,10	3,18	5,54	42,6	4,07	15,51	15,02	80,35	2,13
20.000	1,19	5,37	73,67	0,35	1,44	0,61	0,13	3,21	5,61	42,8	5,14	12,01	10,96	78,47	2,03
20 - 40 cm															
3.333	1,02	5,63	27,00	0,29	1,42	0,78	0,03	2,67	5,16	48,3	1,19	9,72	11,37	77,69	2,20
5.000	0,98	5,40	11,00	0,13	1,43	0,79	0,07	2,88	5,23	44,9	2,89	8,60	11,59	57,32	2,17
6.666	1,10	5,40	27,33	0,33	1,44	0,74	0,03	2,87	5,38	46,6	1,18	9,17	11,73	82,13	2,27
10.000	0,98	4,63	14,67	0,36	1,10	0,70	0,30	3,42	5,58	38,7	12,2	5,08	11,72	92,30	2,19
20.000	1,12	5,47	44,67	0,31	1,55	0,84	0,03	2,81	5,51	49,0	1,10	10,78	12,09	75,96	2,04

⁽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

Não houve efeito da densidade populacional na concentração de potássio nas folhas apresentando, em média, 2,1 dag . kg⁻¹ para o período de cultivo avaliado.

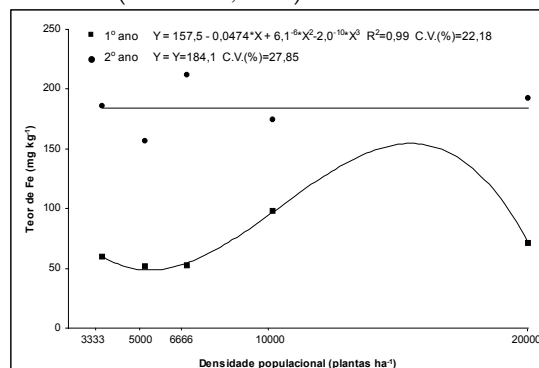
O teor de matéria orgânica apresentou pequeno aumento após dois anos de plantio (Tabela 4). Observou-se, também, aumento da CTC total de 4,82 para 5,61 cmol_c . dm⁻³ com a elevação da densidade populacional de 3.333 para 20.000 plantas, provavelmente devido ao acréscimo no teor de matéria orgânica com aumento da densidade de plantio (Tabela 4).

Para os demais nutrientes, houve pequenas variações nas concentrações, com exceção do zinco no primeiro ano, que apresentou aumento linear e manganês no segundo ano, que apresentou redução com aumento do número de plantas (Figura 3). O teor de Mn disponível no solo aumentou com a densidade de plantio (Tabela 4). No entanto, o teor nas folhas reduziu, refletindo, provavelmente, efeito de competição entre plantas.

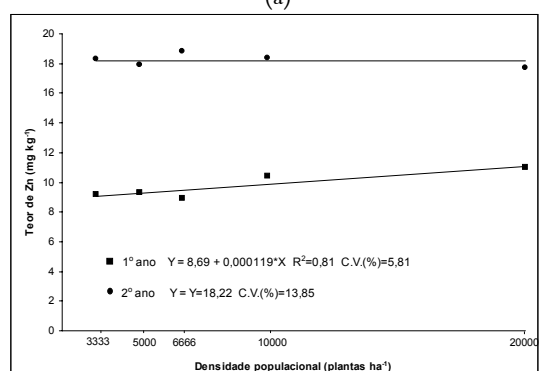
As máximas eficiências na utilização de N, P e K, medidas em kg de café beneficiado por kg do nutriente aplicado, foram observadas nas

densidades de 15.833, 15.645 e 15.789 plantas . ha⁻¹ para N, P e K, respectivamente. Com 6.666, 5.000 e 3.333 plantas ha⁻¹ houve redução acentuada no aproveitamento do adubo aplicado (Figura 4). Rivera (1991) obteve maior aproveitamento do fertilizante nitrogenado com o aumento da densidade de plantas da variedade Caturra, o qual aumentou de 55% com 5.000 plantas ha⁻¹ para 71% com 10.000 plantas . ha⁻¹. Este incremento na eficiência parece estar relacionado com o desenvolvimento do sistema radicular e com a utilização mais eficiente da água e dos nutrientes disponíveis, tanto nas camadas superficiais do solo, como nas mais profundas, nos plantios mais adensados (Rena *et al.*, 1998). A superfície do solo, sendo menos cultivada e ficando mais protegida do impacto direto das gotas de chuva, oferece maior proteção às raízes superficiais e contribui para reduzir a erosão. Segundo Rena *et al.* (1998), nos cafeeiros adensados, até o primeiro ano pós-plantio, pode-se recomendar a adubação por planta. Entretanto, na lavoura adulta a adubação ou de produção deve ser realizada em função da

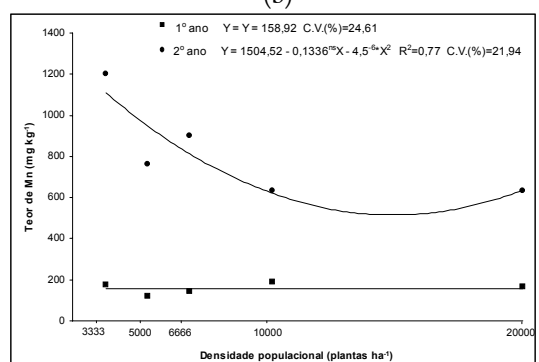
produtividade esperada e dos teores dos nutrientes nas folhas (Malavolta, 1996).



(a)



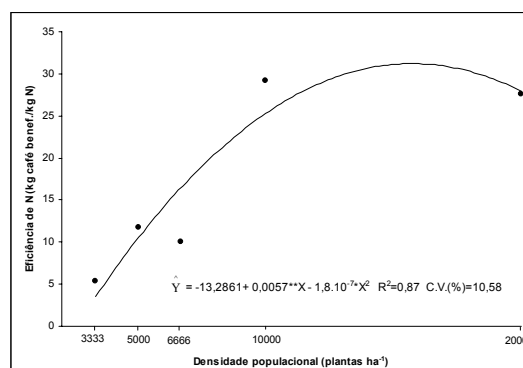
(b)



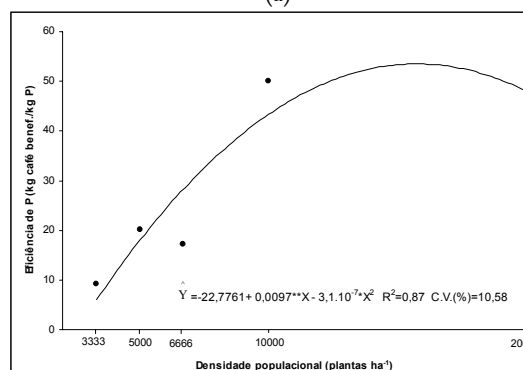
(c)

Figura 3. Teores de ferro (a), zinco (b) e manganês (c) nas folhas do primeiro e do segundo ano do cafeeiro IAPAR 59, em função do aumento na densidade de plantio

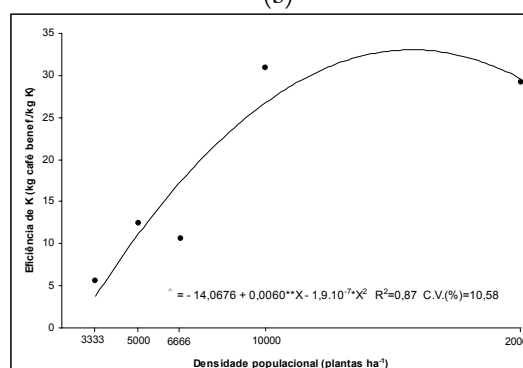
Em altas densidades, as lavouras produzem mais, extraindo, conseqüentemente, mais nutrientes, mas o fazem com mais eficiência. Portanto, os requerimentos adicionais de fertilizantes não são proporcionais nem aos incrementos no rendimento, nem ao número de plantas obtidas ao aumentar a densidade de plantio.



(a)



(b)



(c)

Figura 4. Eficiência de aproveitamento de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c) de dois anos de produção do cafeeiro IAPAR 59, em função do aumento na densidade de plantio

Referências

- ANDROCIOLI FILHO, A. Procedimentos para adensamento de plantio e contribuição para o aumento da produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. *Anais...* Londrina: IAPAR, 1996. p.26.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, Viçosa, v.21, p.73-85, 1974.

- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997.
- 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.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- NACIF, A.P. *Fenologia e produtividade do cafeeiro (Coffea arabica L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio-MG*. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- 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.87-105.
- PAVAN, M.A. *et al.* Manejo da cobertura do solo para a formação e produção de uma lavoura cafeeira - I influência na fertilidade do solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.21, n.2, p.187-192, 1986.
- PAVAN, M.A. *et al.* Cultura do cafeeiro: o sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n.80, p.1-7, 1997.
- RENA, A.B. *et al.* Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônomicos. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.61-79, 1998.
- RIVERA, R. Densidad de plantacion y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado en el cultivo de l cafeto, variedad caturra, sobre suelos ferraliticos rojos compactados. *Cultivos Tropicales*, San Jose, v.12, n.1, p.5-8, 1991.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. 2 ed. New York: McGraw Hill, 1980.
- 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.

Received on June 21, 2001.

Accepted on July 02, 2002.