

ANTÔNIO DE PÁDUA NACIF

FENOLOGIA E PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)  
cv. Catuaí, SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO E DOSES  
DE FERTILIZANTE, NO CERRADO DE PATROCÍNIO-MG

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de Fitotecnia  
para obtenção do título de Doctor  
Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
JUNHO - 1997

ANTÔNIO DE PÁDUA NACIF

FENOLOGIA E PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)  
cv. Catuaí, SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO E DOSES  
DE FERTILIZANTE, NO CERRADO DE PATROCÍNIO-MG

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de Fitotecnia  
para obtenção do título de Doctor  
Scientiae.

Aprovada: 13 de março de 1997.

---

Prof. Aquira Mizubuti

---

Prof. Carlos Floriano de Moraes

---

Prof. Paulo César Rezende Fontes  
(Conselheiro)

---

Prof. Victor Hugo Alvarez V.

---

Prof. Antônio Carlos Ribeiro  
(Orientador)

À minha esposa  
Elfriede Roevenstrunk Nacif  
e a meus filhos  
Gustavo  
Ângela e  
Luíz Henrique  
dedico e ofereço.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Fitotecnia e à EPAMIG, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida.

A realização deste curso e desta tese deu-se sob a orientação primeira do Professor Alemar Braga Rena, hoje aposentado das funções de magistério nesta Universidade. Por sua expressa vontade excluiu-se da condição de orientador e até mesmo de possível conselheiro. Contudo, em nenhum momento deixou de assistir-me, e o fez com extrema dedicação. Devo-lhe imensamente e só tenho a creditar minha gratidão e amizade, extensivas aos seus filhos e a sua esposa Beatriz.

Ao professor Antônio Carlos Ribeiro, meu segundo orientador, pelo desprendimento, pela compreensão, orientação e amizade.

Ao professor Victor Hugo Alvarez Venegas, pelos ensinamentos, seguro aconselhamento e pela amizade.

Aos professores Aquira Mizubuti, Carlos Floriano de Moraes, Paulo César Rezende Fontes, Nelson Ferreira Sampaio, José Donizete

Alves e Antônio Teixeira Cordeiro, pela amizade e pelos aconselhamentos.

Aos colegas da EPAMIG Antônio Alves Pereira, Gabriel Ferreira Bártholo, Glória Zélia Teixeira Caixeta, José Luís dos Santos Rufino, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Reginaldo Amaral, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Tarciso José Caixeta (*in memoriam*), pelo incentivo e pela colaboração, e também à Claudia Pinto Ferreira Figueiredo, Irene Rodrigues de Souza Valente, Michel do Carmo Almeida Pinto, Roseli Pinto Nogueira, Sonia Maria Ladeira de Freitas, pela distinta colaboração.

Aos técnicos agrícolas Francisco de Assis Tavares, Gilmar José Cereda e em especial a Donizete Gonçalves de Lima, pela amizade e pelo zelo na condução dos experimentos.

## BIOGRAFIA

ANTÔNIO DE PÁDUA NACIF, filho de Mansur Nacif e Bárbara Simão Nacif, nasceu em 3 de junho de 1942 na cidade de Ponte Nova, Minas Gerais.

Engenheiro-agrônomo em 1966 e ***Magister Scientiae*** em 1972, pela Universidade Federal de Viçosa.

Pesquisador, chefe do Departamento de Fitotecnia e Chefe do Centro Regional de Pesquisa da Zona da Mata da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais, entre 1972 e 1996.

Diretor da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal - CEDAF-UFV, de 1982 a 1985.

Atualmente, Consultor da EMBRAPA para o Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
EXTRATO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Importância dos plantios adensados de café: vantagens e desvantagens .....	4
2.2. Conseqüências morfo-ecofisiológicas do adensamento .....	6
2.2.1. Desenvolvimento vegetativo .....	6
2.2.2. Desenvolvimento reprodutivo.....	11
2.3. Influência do adensamento na fertilidade do solo.....	13
2.4. Influência do adensamento na produtividade e na qualidade do café .....	15
2.5. Custo e benefício do plantio adensado .....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22



3.1. Caracterização da área experimental.....	22
3.2. Delineamento experimental, caracterização das parcelas e dos tratamentos .....	25
3.3. Condução do experimento.....	26
3.4. Avaliações .....	27
3.5. Análises estatísticas.....	29
3.5.1. Dados de produção .....	29
3.5.2. Dados do crescimento vegetativo .....	29
3.5.3. Dados do desenvolvimento reprodutivo.....	30
3.6. Análises econômicas.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1. Esclarecimentos iniciais .....	32
4.1.1. Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.....	32
4.1.2. Componentes do desenvolvimento vegetativo.....	32
4.1.3. Produção de café beneficiado por planta.....	33
4.2. Desenvolvimento vegetativo .....	34
4.2.1. Altura da haste ortotrópica primária.....	34
4.2.2. Diâmetro da base da copa.....	40
4.2.3. Diâmetro da base do caule .....	45
4.2.4. Correlações entre altura, diâmetros da base da copa e do caule e a produtividade do cafeeiro.....	51
4.2.5. Número de ramos plagiotrópicos primários .....	53
4.2.6. Número de nós do ramo plagiotrópico primário.....	58
4.2.7. Número de folhas de ramo plagiotrópico primário .....	63
4.3. Desenvolvimento reprodutivo.....	68
4.3.1. Estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário de primeira floração .....	68
4.3.2. Relações e correlações entre as estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário de	

primeira floração, o espaçamento e a produção de café.....	77
4.4. Produção.....	82
4.4.1. Produção de café beneficiado.....	82
4.4.2. Efeitos da adubação.....	88
4.4.3. Efeitos dos espaçamentos sobre a produtividade .....	91
4.4.3.1. Influência do espaçamento de rua sobre a produtividade.....	91
4.4.3.2. Influência do espaçamento entre plantas na fileira sobre a produtividade .....	94
4.5. Análise do solo.....	98
4.6. Análise econômica da produção.....	102
4.6.1. Análise econômica da produção até a primeira colheita.....	102
4.6.1.1. Custos.....	102
4.6.1.2. Retorno financeiro .....	104
4.6.2. Análise econômica da produção até a quarta colheita.	105
4.6.2.1. Custos.....	105
4.6.2.2. Retorno financeiro .....	106
4.6.3. Análise econômica da produção até a oitava colheita..	107
4.6.3.1. Custos.....	107
4.6.3.2. Retorno financeiro .....	108
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Características químicas e físicas da amostra superficial (0 a 20cm) do LVd da área experimental, coletada em novembro de 1984.....	23
2	Temperaturas atmosféricas e precipitação pluvial de Patrocínio (MG) .....	24
3	Caracterização das parcelas experimentais segundo os espaçamentos, a área da parcela, a área por planta e o número de covas por parcela e por hectare.....	25
4	Produção de café beneficiado por planta e por área, média de três espaçamentos <sup>1/</sup> nas safras de 1986/87 a 1988/89.....	33
5	Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento da altura do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989 .....	35
6	Análise de variância da altura dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas .....	37
7	Equações de regressão para a altura do cafeeiro (cm) em função dos espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989.....	38
8	Análise de variância das taxas de crescimento dos	

componentes do desenvolvimento vegetativo do cafeiro ‘Catuai’, no período de 1987 a 1989.....	39
--	----

	Página
9 Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do diâmetro da base da copa do cafeiro ‘Catuai’, em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989.....	41
10 Análise de variância do diâmetro da base da copa dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas .....	43
11 Equações de regressão para o diâmetro da base da copa (cm) do cafeiro em função dos espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989.....	44
12 Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do diâmetro da base do caule do cafeiro ‘Catuai’, em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989.....	46
13 Análise de variância do diâmetro da base do caule dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idades das plantas.....	48
14 Equações de regressão para o diâmetro da base do caule (mm) do cafeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989.....	49
15 Valores dos coeficientes de correlação linear entre componentes do desenvolvimento vegetativo e produtividade do cafeiro (g planta <sup>-1</sup> de café limpo) em três datas do período de desenvolvimento da cultura .....	52
16 Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de ramos plagiotrópicos primários do cafeiro ‘Catuai’, em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989.....	54
17 Análise de variância do número de ramos plagiotrópicos primários em função de três	

	espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas.....	56
18	Equações de regressão para o número de ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989 .....	57
		Página
19	Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de nós do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989 .....	59
20	Análise de variância do número de nós do ramo plagiotrópico primário em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas ou aos 13,3; 25,3; e 37,7 meses de idade do ramo.....	61
21	Equações de regressão para o número de nós do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989 .....	62
22	Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de folhas do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989 .....	64
23	Análise de variância do número de folhas do ramo plagiotrópico primário em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 37,3; 43,5; 49,4; e 55,7 meses de idade das plantas ou aos 13,3; 19,3; 25,4; 31,4; e 37,7 meses de idade do ramo .....	66
24	Equações de regressão para o número de folhas do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989 .....	67
25	Graus de enfolhamento do ramo plagiotrópico primário em função da época do ano.....	67
26	Estruturas reprodutivas observadas no ramo	

	plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', sob diferentes espaçamentos na rua, no período de 1987 a 1989.....	69
27	Evolução percentual das estruturas reprodutivas observadas no ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', sob diferentes espaçamentos na rua, no período de 1987 a 1989.....	70
28	Eventos climáticos ocorridos entre agosto e outubro de 1987, em Patrocínio (MG).....	71

		Página
29	Estruturas reprodutivas formadas no ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', em função de três espaçamentos de rua e suas correlações com a produção de café beneficiado, por planta, no período de 1987 a 1989	74
30	Análise de variância das estruturas reprodutivas formadas em cafeeiros 'Catuaí' na safra de 1987/88 em função do espaçamento de rua.....	77
31	Equações de regressão do número de estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', em função do espaçamento de rua, na safra 1987/88 .....	78
32	Coefficientes de correlação linear entre o número de estruturas reprodutivas e os componentes vegetativos do ramo plagiotrópico primário, de primeira produção, em função de três espaçamentos de rua, em cafeeiros 'Catuaí', na safra de 1988/89 .....	81
33	Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', em sacas de café beneficiado por hectare, em função de nove espaçamentos, no período de 1987 a 1994.....	83
34	Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', por média de ruas e de plantas na fileira, em sacas de café beneficiado por hectare, no período de 1987 a 1994	84
35	Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', em gramas de café beneficiado por planta, em função de nove espaçamentos, no período de 1987 a 1994 .....	85

36	Produtividade média do cafeeiro ‘Catuaí’, por média de ruas e de plantas na fileira, em gramas por planta, de café beneficiado, no período de 1987 a 1994.....	86
37	Análise de variância da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em sacas de café beneficiado por hectare, em função de três espaçamentos de rua por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no período de 1987 a 1994...	89
38	Análise de variância da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em gramas de café beneficiado por planta, em função de três espaçamentos de rua por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no período de 1987 a 1994...	90
39	Equações de regressão da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em sacas de café beneficiado por hectare, em função do espaçamento de rua, independente do espaçamento entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1994 .....	92
		Página
40	Equações de regressão da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em sacas de café beneficiado por hectare, em função do espaçamento entre plantas na fileira por rua, no período de 1987 a 1994.....	93
41	Equações de regressão da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em gramas de café beneficiado por planta, em função do espaçamento de rua, independente do espaçamento entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1994 .....	95
42	Equações de regressão da produtividade do cafeeiro ‘Catuaí’, em gramas de café beneficiado por planta, em função do espaçamento entre plantas na fileira, por rua, no período de 1987 a 1994.....	97
43	Análise de variância das características químicas do solo em função de três espaçamentos de rua, por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no ano de 1988 .....	99
44	Análise de variância das características químicas do solo, em função de três espaçamentos de rua, por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no ano de 1990 .....	101

45	Custos operacionais até a primeira colheita, de cafezais ‘Catuai’, em função de nove espaçamentos, 1995.....	103
46	Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) na primeira colheita, de cafezais ‘Catuai’ em função de nove espaçamentos, 1995 .....	104
47	Custos operacionais até a quarta colheita de cafezais ‘Catuai’, em função de nove espaçamentos, 1995.....	106
48	Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) até a quarta colheita, de cafezais ‘Catuai’ em função de nove espaçamentos, 1995 .....	107
49	Custos operacionais até a oitava colheita, de cafezais ‘Catuai’, em função de nove espaçamentos, 1995.....	108
50	Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) até a oitava colheita, de cafezais ‘Catuai’, em função de nove espaçamentos, 1995 .....	109



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Altura e taxa de crescimento da haste ortotrópica principal, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos .....	36
2	Diâmetro da base da copa e sua taxa de crescimento, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos ...	42
3	Diâmetro da base do caule e sua taxa de crescimento, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos ...	47
4	Número e taxa de formação de ramos plagiotrópicos primários, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos .....	55
5	Número e taxa de formação de nós do ramo plagiotrópico primário, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos .....	60
6	Número e taxa de formação de folhas do ramo plagiotrópico primário, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos .....	65

## EXTRATO

NACIF, Antônio de Pádua. D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 1997. Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) cv Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizante, no cerrado de Patrocínio-MG. Professor Orientador: Antônio Carlos Ribeiro. Professores Conselheiros: Nelson Ferreira Sampaio e Paulo César Rezende Fontes.

O município de Patrocínio, Minas Gerais, encontra-se inserido no ecossistema do cerrado brasileiro, com solos de baixa fertilidade natural, precipitação pluviométrica anual de 1.372 mm distribuídos no período de outubro a março, inverno seco, baixa umidade relativa do ar e temperaturas médias anuais de 21,8°C. É importante pólo de desenvolvimento da mais tecnicada cafeicultura que se pratica no Brasil. Nessas condições, estudou-se o crescimento do cafeeiro (***Coffea arábica*** L., cv 'Catuaí') submetido a diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no período de 1987 a 1994. A resposta do cafeeiro foi medida sobre seis componentes vegetativos e quatro

reprodutivos do crescimento do cafeeiro, avaliando-se também a produtividade e os aspectos econômicos da produção. Verificou-se que a altura da planta, o diâmetro da base da copa e o da base do caule foram os componentes vegetativos sensíveis ao adensamento do cafeeiro. A produção de botões verdes e brancos, a de frutos chumbinhos e de frutos completamente formados, bem como as suas relações sofreram forte influência do adensamento e da produção antecedente. A região distinguiu-se das regiões produtoras do Sudeste pelo alargamento do período da maturação dos frutos, e o adensamento das ruas contribuiu para agravar este fenômeno. A produção de café beneficiado por área foi, até certo ponto, crescente com o adensamento na rua e de plantas na fileira e trouxe vantagens econômicas à atividade, pela diminuição dos custos por unidade produzida e pelo aumento da receita líquida por área cultivada.

## ABSTRACT

NACIF, Antônio de Pádua. D.S., Federal University of Viçosa, June, 1997. Phenology and productivity of coffee tree (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí under different planting densities and doses of fertilizer, in the cerrado of Patrocínio-MG. Advisor: Antônio Carlos Ribeiro. Committee members: Nelson Ferreira Sampaio and Paulo César Rezende Fontes.

From 1987 to 1994, plant population and fertilizers levels were assayed in ***Coffea arabica*** 'Catuaí', in Patrocínio county, State of Minas Gerais, in regard to tree growth effects and economic implications. Belonging to the Brazilian 'cerrado' ecosystem, soils in Patrocínio, where the coffee growth technologies are among the best in Brazil, are low in natural fertility. The low annual rainfall (1.372 mm), mostly from October to March, is coupled with dry winter, low relative humidity and average annual temperature of 21,8°C. The collected data, concerning six growth and four coffee bean production components, showed that plant height, canopy's diameter and stem basal diameter were sensitive

to changes in plant density. Blooming, considered both at the stages of green or white flower buds, and pinhead (small) and fully developed coffee beans - as well as their mutual relationship - were strongly influenced by population density and last year production. Length of the coffee bean ripening period in this location was found to significantly differ from those found in other coffee growing regions in the southeastern part in the country; and it became worse as spacing between rows decreased. Yield of green coffee increased somewhat with the decreased distance between rows, thus a predictable economical advantage for the producer, as costs per unit area are curtailed and the net result is increased income per unit area.

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é atividade de grande expressão no cenário agroindustrial brasileiro e destaca o Brasil como o maior produtor e maior exportador de café do mundo. A produção primária representa benefício social da ordem de 10 milhões de brasileiros dependentes diretos da cafeicultura e contribuição em torno de dois bilhões de dólares anuais para a balança de pagamentos.

Minas Gerais é atualmente o maior Estado produtor de café do Brasil, com mais de 50% da produção total brasileira. Os mercados nacional e internacional têm exigido cafés de melhor qualidade e, cada vez, de menor preço. Isso demanda mudança radical no sistema tecnológico de produção para se obter maior competitividade do produto brasileiro.

O cultivo do café adensado apresenta-se como alternativa viável para redução dos custos de produção e para maior produtividade por área. Contudo, tal prática, obriga os cafeeiros a se adaptarem morfo-fisiologicamente às novas condições do meio.

Apesar das dificuldades por que têm passado as instituições brasileiras de pesquisa agropecuária, ainda se desenvolvem pesquisas com o cafeeiro, especialmente nas instituições de maior tradição, como as Universidades da Região Sudeste, o IAC, o IAPAR, a EPAMIG, a EMCAPA e o Ministério da Agricultura e Abastecimento, por meio do PROCAFÊ.

Dessa forma, esta pesquisa procura contribuir para o aperfeiçoamento do cultivo do café, buscando o entendimento das reações do cafeeiro sob baixas e elevadas densidades de cultivo. Especificamente, variações no crescimento e no desenvolvimento dos componentes vegetativos do cafeeiro, como altura da planta, diâmetro do caule e da copa, são fatores importantes para o manejo das lavouras na colheita, manual ou mecânica, e nos tratos culturais de controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Mudanças do comportamento da planta nos aspectos reprodutivos, como floração, frutificação e período de maturação dos frutos, devem orientar também novas práticas de manejo, especialmente nas operações de pré e pós-colheita, o que tem reflexos diretos sobre a qualidade do produto.

A prática do adensamento levará também a mudanças e adaptações dos maquinários empregados na condução das lavouras, à necessidade de podas e de treinamento e capacitação de administradores e operários. Mudanças nas relações de insumos e serviços empregados, como maior gasto de mudas e de mão-de-obra para o plantio, também serão necessárias. Conseqüentemente, os custos de produção e as relações benefício/custo serão alterados.

Diversos aspectos do adensamento têm sido estudados no Brasil e no exterior. No entanto, há ainda muitos aspectos a serem elucidados com respeito ao manejo global das lavouras adensadas,

principalmente com respeito às podas (**e.g.** tipo, sistema, momento e o número de hastes por planta), ao controle fitossanitário (**e.g.** ferrugem, cercosporiose, phoma, bicho-mineiro e broca), à adubação (**e.g.** como, quanto e quando), à colheita e aos problemas decorrentes da maturação desuniforme, além da dimensão e composição dos custos. Sabe-se muito pouco também sobre a ecofisiologia dos cafeeiros sob plantios adensados. Todos esses aspectos são muito variáveis em função do grau de adensamento, da distribuição espacial das plantas dentro da lavoura, da variedade, do clima, do solo e do manejo global (ANDROCIOLI FILHO, 1996). São portanto necessários a aquisição de conhecimento e o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para que se possa auferir bons retornos desse novo sistema de produção de café.

Assim, estudou-se a influência de diferentes densidades populacionais e doses de adubo sobre os desenvolvimentos vegetativo e reprodutivo sobre a produção e sobre os aspectos econômicos do cultivo de cafeeiros ‘Catuaí Vermelho’, nas condições do Cerrado de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### *2.1. Importância dos plantios adensados de café: vantagens e desvantagens*

Atualmente parece ser tendência universal a redução do espaçamento de plantio da maioria das culturas, especialmente das lenhosas perenes. No caso específico da cafeicultura, os impactos econômicos são consideráveis, principalmente para as pequenas propriedades e regiões onde a mecanização é difícil, ou mesmo impossível (BROWNING e FISHER, 1976; MITCHELL, 1976 e 1988 CAMARGO et al., 1985; HUXLEY, 1969; MIGUEL et al., 1986b). Muitos dos trabalhos realizados no Brasil e no mundo indicam que a densidade mais adequada à maioria das situações encontra-se próxima de 6.000 plantas ha<sup>-1</sup> (BROWNING e FISHER, 1976; MIGUEL et al., 1986b; ARCILA e CHAVES, 1995). A maior vantagem dos plantios adensados é o ganho de produtividade, com menor custo de produção (MARTIN et al., 1995), pela utilização mais eficiente da radiação solar, da água e dos minerais e, possivelmente, pelo melhor controle natural

das plantas invasoras e de algumas pragas e doenças (FISHER e BROWNING, 1978; KUMAR, 1978; AKUNDA et al., 1979a; RIVERA, 1991; BARROS et al., 1995; ANDROCIOLI FILHO, 1996;). Outra grande vantagem do adensamento é promover a estabilização da produção na propriedade (MESTRE e OSPINA, 1994; RIVERA, 1991), em decorrência do menor esgotamento individual das plantas (RENA e MAESTRI, 1986), embora a literatura seja conflitante neste aspecto (CLOWES e ALLISON, 1982).

Há ainda que se considerar os impactos benéficos sobre o meio ambiente, decorrentes do menor uso de agrotóxicos, de fertilizantes e da maior proteção do solo, com ganhos expressivos nas suas qualidades físicas e químicas (RENA e MAESTRI, 1986; BARROS et al., 1995; ANDROCIOLI FILHO, 1996).

Obviamente ocorrem vantagens e desvantagens com o uso do adensamento. A primeira desvantagem é o maior custo global de implantação das lavouras (BROWNING e FISHER, 1976), o qual pode representar grande ônus, especialmente para o pequeno cafeicultor, em geral descapitalizado. Em segundo lugar, os plantios adensados aumentam os riscos de geadas nas regiões susceptíveis (SIQUEIRA et al., 1985). Outra desvantagem é a ampliação das dificuldades do manejo global da cultura e da colheita (BROWNING e FISHER, 1976), especialmente nas grandes lavouras. É condição **sine-qua-non** dos plantios adensados a realização de podas, operação difícil e onerosa, especialmente nas culturas extensivas. Podas exigem assistência técnica competente, tanto na programação quanto na execução e, se mal executadas, podem representar o fracasso do empreendimento. Como no Brasil não há, ainda, tradição no uso de podas e por a cafeicultura ser realizada em condições de clima e de solo muito

dísparos, o problema fica ainda maior, devendo ser cada caso tratado individualmente.

Mais uma desvantagem, principalmente nas regiões de elevada altitude, com boa distribuição de chuvas e onde os cafeeiros são deixados ao livre crescimento, é a possível perda de qualidade do produto (tipo e bebida), em decorrência da maturação desuniforme dos frutos (BROWNING e FISHER, 1976; CAMARGO et al., 1985). Nesses casos, e principalmente nas pequenas propriedades, pode-se realizar colheitas parceladas e a separação e a secagem especial dos frutos verdes, o que deve reduzir em muito o problema. Outra maneira de diminuir a desuniformidade de maturação dos frutos consiste no maior controle da adubação nitrogenada nos plantios adensados (VIANA et al., 1985). Outro problema associado ao tipo do café é a tendência da redução do peso médio das sementes nos plantios adensados feitos nas altitudes muito elevadas, o que, segundo BROWNING e FISHER (1976), não chega a preocupar muito.

Muitos trabalhos foram conduzidos, nos últimos 30 anos, sobre o plantio adensado do cafeeiro, em diversas partes do mundo (RENA e MAESTRI, 1986). Entretanto, com raríssimas exceções, não foram determinadas, na maior parte dos casos, a influência do adensamento sobre as características morfo-ecofisiológicas do cafeeiro e a dinâmica do ecossistema. A quase totalidade das pesquisas aborda apenas as conseqüências do adensamento sobre a produção e a produtividade, desvinculada do manejo global e integrado da cultura adensada. Assim, ficam difíceis as interpretações de muitos resultados, aparentemente contraditórios, obtidos com metodologias variáveis e em ambientes diversos, essenciais para o uso consciente dessa nova tecnologia de produção de café.

Enfim, as vantagens sobrepujam os problemas advindos com o adensamento, principalmente o controle fitossanitário e a colheita.

## *2.2. Conseqüências morfo-ecofisiológicas do adensamento*

### *2.2.1. Desenvolvimento vegetativo*

As várias partes de uma planta crescem em diferentes ritmos e em diferentes épocas do ano, por causa da interação de fatores genéticos, nutricionais, hormonais e ambientais (TAIZ e ZIEGER, 1991; MOHR e SHOPFER, 1995) e o cafeeiro não constitui exceção (RENA et al., 1996; ARCILA, 1988).

Os componentes da planta mais influenciados pelo clima (*e.g.* o topoclima) são a altura da planta, o crescimento dos ramos e o número de flores; e os elementos do clima que mais se correlacionaram com os incrementos em altura e o comprimento dos ramos foram o brilho solar, a evaporação, a temperatura média e a duração da máxima (JARAMILLO e VALENCIA, 1980).

O cafeeiro, semelhante a outras plantas, tem grande capacidade de se adaptar a variações do ambiente (*e.g.* alterações do espaçamento), mediante modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas. Embora todas as estruturas da planta possam se modificar para se ajustar ao novo hábitat, as folhas são as mais sensíveis e as que primeiro apresentam alterações mais pronunciadas (AKUNDA et al., 1979b).

O cafeeiro deve ser considerado uma fábrica que converte CO<sub>2</sub> e energia luminosa em carboidratos, uma parte dos quais é usada para a produção de sementes. Os fatores que controlam a eficiência dessa fábrica são aqueles que afetam a) o tamanho da superfície foliar

disponível para absorver CO<sub>2</sub> e luz, b) a taxa de conversão de CO<sub>2</sub> a carboidratos, por unidade de área foliar e c) a distribuição dos carboidratos (matéria seca) entre as sementes e as outras partes da planta (CANNELL, 1976). Portanto, lavoura eficiente é aquela capaz de formar extenso e bem iluminado dossel, com alta taxa fotossintética, capaz de produzir muitas sementes e de mobilizar grandes quantidades de carboidratos para o seu **enchimento**, ano após ano (CANNELL, 1976).

Nos plantios de café dentro dos espaçamentos tradicionais, com populações que variam de 1.000 a 2.000 plantas ha<sup>-1</sup>, os cafeeiros cobrem menos que 50% da superfície do solo e tanto a produção fotossintética total (produtividade primária) quanto a produtividade de grãos (produtividade econômica) ficam muito aquém do seu valor potencial (CANNELL, 1976). Os plantios adensados e a manipulação do número de hastes ortotrópicas por planta são os únicos meios de explorar plenamente a energia solar e os outros recursos disponíveis do ambiente. Nos sistemas adensados, formados por plantas jovens, ou plantas com crescimento controlado mediante podas, os cafeeiros são capazes de produzir dosséis com boa transmissão de luz.

VALENCIA (1973) e ARCILA e CHAVES (1995) estimaram que o índice de área foliar ótimo para o café 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. A taxa de crescimento da cultura aumenta até o índice de oito, porque a irradiância de compensação de folhas sombreadas do cafeeiro é normalmente inferior a 20  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  (YAMAGUCHI e FRIEND, 1979; KUMAR e TIESZEN, 1980; ALVES et al., 1985), ou seja, menos de 1% da radiação solar máxima de um dia tropical ensolarado, que é aproximadamente 2.200  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Assim, sob cultivos adensados, a cultura 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. Isto é particularmente importante para as plantas adaptadas à sombra, como o cafeeiro, cujas taxas fotossintéticas são maiores nas baixas intensidades luminosas e são extremamente sensíveis às temperaturas elevadas (KUMAR e TIESZEN, 1980; RENA e MAESTRI, 1986; BARROS et al., 1995).

AKUNDA et al. (1979b) estudaram algumas variações morfológicas e bioquímicas sofridas pelas folhas de cafeeiros cultivados nas densidades de 1.100 a 6.700 plantas ha<sup>-1</sup>, em Ruiru, Quênia. Eles observaram pequena concentração de cera epicuticular, associada a baixo nível de reflexão luminosa, nas folhas jovens orientadas mais verticalmente, dos plantios adensados. Essa é uma característica vantajosa, pois está relacionada com maior captação de energia luminosa e com maior atividade fotossintética. As folhas mais velhas, que se encontravam em posição mais horizontal, tinham maior teor de cera epicuticular, proporcionando-lhes maior capacidade de reflexão da luz, o que também representa característica adaptativa benéfica, pois evita a subida excessiva da temperatura foliar ou a foto-oxidação das moléculas de clorofila. Foi observado, também, menor desenvolvimento cuticular nas folhas dos plantios adensados, indicação do aumento da eficiência da utilização da energia luminosa nesses sistemas. A área foliar aumentou com o incremento da densidade de plantio, mas o peso e o volume foliares específicos, a densidade e a matéria seca foliares diminuíram. O aumento da área foliar está associado à melhor utilização da luz; e a redução das outras características anátomo-fisiológicas, que indicam lâmina foliar mais delgada e mais porosa, está associada a maior taxa de difusão de gases (**e.g.** CO<sub>2</sub>). Como resultado,

tem-se que o sistema adensado de plantio possui sistema fotossintetizante mais eficaz.

AKUNDA et al. (1979b) ainda constataram ligeira redução no teor das clorofilas totais nas folhas de cafeeiros adensados, mas o teor de clorofila **b** foi maior. Portanto, nos plantios convencionais, a razão clorofila **a**/clorofila **b** é maior que nos plantios adensados. Acontece que a clorofila **b** é a principal coletora de luz do fotossistema II e o seu teor tem sido considerado uma medida da eficiência do aparelho fotossintetizante (TAIZ e ZIEGER, 1991; MOHR e SCHOPFER, 1995). Assim, a menor razão clorofila **a/b** nos plantios adensados é adaptação que torna as plantas desses sistemas mais eficientes na produção de carboidratos em relação aos sistemas convencionais. Essa é, portanto, modificação bioquímica desejada nos plantios adensados, já que a disponibilidade de luz diminui no perfil vertical do dossel, com o aumento da densidade de plantas.

VOLTAN et al. (1992) também observaram, em Campinas (SP), espessamento foliar em mudas de um ano de *Coffea arabica* e *C. canephora* cultivadas a pleno sol, em relação às mudas mantidas sob 50% e 70% de sombra, principalmente pela expansão das células do mesófilo. A área foliar individual foi maior em condições intermediárias de luz (50% de luz solar total). Foi ainda observado aumento da massa foliar específica e do número de estômatos por unidade de área foliar no cultivo a plena luz solar.

O conhecimento dos padrões de crescimento e de distribuição do sistema radicular, sob diversos sistemas de manejo, é fundamental para se otimizar várias práticas culturais, como a irrigação e a adubação. O plantio adensado é condição que tem profunda influência sobre o desenvolvimento das raízes.

CASSIDY e KUMAR (1984) estudaram, em Chipinge, Zimbabwe, a distribuição do sistema radicular de cafeeiros cultivados em densidades que variaram de 1.500 a 6.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Nas densidades mais altas, as raízes axiais penetraram mais profundamente no solo. Nas densidades intermediárias (3.000 plantas ha<sup>-1</sup>) ocorreu o aumento do desenvolvimento das raízes laterais profundas. Entretanto, nos cafeeiros plantados muito juntos na rua (**e.g.** 2,74 m x 0,60 m), embora as raízes axiais tenham sido em maior número e crescido à maior profundidade, as raízes laterais profundas não foram tão evidentes. Esse fato pode ser interpretado como um ajustamento das raízes ao volume de solo que lhes é colocado à disposição. O crescimento de raízes na zona de enraizamento dos cafeeiros adjacentes, na fileira, foi bastante restrito, fenômeno semelhante ao crescimento dos ramos plagiotrópicos primários, que são fracos e pouco desenvolvidos onde o sombreamento mútuo é muito pronunciado. CASSIDY e KUMAR (1984) admitem que ambos os fenômenos estejam associados ao maior teor de giberelinas existentes nessas plantas submetidas a maior auto-sombreamento. De qualquer forma, esses dados indicam claramente que, em altas densidades de plantio, a exploração do solo pelas raízes é mais completa, possibilitando ao cafeeiro a utilização mais eficiente da água e dos sais minerais disponíveis, tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas do solo.

### *2.2.2. Desenvolvimento reprodutivo*



Com o plantio adensado e a possibilidade de manejar a estrutura da parte aérea do cafeeiro, mediante podas específicas, realizadas no momento oportuno, o cafeicultor dispõe de excelente ferramenta para atenuar a biennialidade de produção, a superprodução (produção de frutos acima da capacidade de suporte da planta) e a conseqüente seca-de-ponteiros. Já se disse que a arte de produzir café é a arte de produzir folhas. Em linguagem técnica isso significa que para se obter produtividade sustentada há necessidade de se alcançar, rapidamente, o índice de área foliar ótimo após o plantio, ou após a poda, buscando sempre manter as razões de área foliar/flor em torno de 470 mm<sup>2</sup> e de área foliar/fruto em torno de 2.000 mm<sup>2</sup>, consideradas ideais (HUXLEY, 1970; CANNELL, 1976; BARROS et al., 1982).

A diferenciação floral é menor à sombra que a pleno sol (CASTILLO e LOPEZ, 1966; HUXLEY, 1970; CANNELL, 1976). Por isso, as plantas cultivadas a pleno sol tendem a apresentar o fenômeno da superprodução e o subseqüente depauperamento, principalmente se prolongado período de seca antecede à floração. A deficiência hídrica nessa fase sincroniza a diferenciação e o desenvolvimento das gemas florais e a abertura das flores com as primeiras chuvas da primavera.

Como o cafeeiro não é capaz de regular naturalmente a carga de frutos, ou, mais especificamente, a razão folha/fruto, a planta cultivada a pleno sol é séria candidata à seca-de-ponteiros, principalmente se ocorrerem veranicos durante o período de enchimento dos grãos, em janeiro e fevereiro (RENA e MAESTRI, 1986). Os plantios adensados propiciam o auto-sombreamento, que determina menor floração por planta e, conseqüentemente, a razão folha/fruto naturalmente mais favorável.

Com respeito à fisiologia da frutificação nos plantios adensados, a literatura é bastante deficiente e as poucas informações de que se dispõe são derivadas de dados empíricos ou dos resultados de produção.

JARAMILLO e VALENCIA (1980) verificaram que o cafeeiro cultivado a pleno sol e em grande espaçamento em geral floresce abundantemente sob as condições de radiação luminosa tropicais. De acordo com CANNELL (1976), no Quênia, 80 a 90% das flores podem se transformar em sementes, situação bem diferente da de Campinas (SP), onde o melhor índice de **pegamento** de frutos ficou em torno de 50% (RENA e MAESTRI, 1986). Com esse elevado índice de pegamento e a tendência do cafeeiro de não **fazer** o raleamento natural de frutos obtém-se menos de 1.000 mm<sup>2</sup> de área foliar por fruto, o que representará demanda de 70%, ou mais, do incremento corrente de matéria seca total da planta para a frutificação (CANNELL, 1976). Conseqüentemente, ao final do período de expansão dos frutos, os cafeeiros crescidos a pleno sol possuirão grande número de lóculos a ser preenchido, o que, no Brasil, coincide com períodos de altas temperaturas e veranicos, os quais determinam baixa eficiência fotossintética. Esse fato parece ser a razão mais importante para a seca-de-ponteiros, ocasionada pela superprodução de frutos (CANNELL, 1976; RENA e MAESTRI, 1986; CARVALHO et al., 1993).

Durante o período do enchimento das sementes (endosperma), o crescimento global do cafeeiro é comprometido, inclusive o crescimento do próprio pericarpo. Assim, o peso da matéria seca por fruto será menor na situação de superprodução, mas não o peso médio das sementes, o qual não está normalmente relacionado com a carga total de frutos (CANNELL, 1976). Em conclusão, a incapacidade inata do cafeeiro de **promover** o auto-raleamento de frutos e de **evitar** a

superprodução, o que permitiria o uso balanceado dos carboidratos e dos minerais pela planta como um todo, pode ser, pelo menos parcialmente, aliviada com o plantio adensado, podas apropriadas, controle fitossanitário eficiente e adubações adequadas.

### *2.3. Influência do adensamento na fertilidade do solo*

Nos espaçamentos largos, ou com baixa população de cafeeiros por unidade de área, o declínio contínuo da capacidade produtiva do solo ao longo dos anos tem sido um dos maiores problemas. Nessas condições, a degradação do solo pode ser atribuída como uma das principais causas do abandono das lavouras de café em muitas regiões brasileiras (PAVAN e CHAVES, 1996). A erosão, a lixiviação, a oxidação da matéria orgânica e a acidificação dos solos pelos fertilizantes nitrogenados são os componentes que mais contribuem para a contínua e acelerada degradação da fertilidade do solo.

A lavoura adensada é sistema apropriado para a conservação do solo, pois diminui as perdas pela erosão, lixiviação e oxidação da matéria orgânica, além de proporcionar melhor manejo dos resíduos vegetais e melhoria no sistema de reciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio, reduzindo a perda de nitrato do ecossistema, que é uma das principais causas de acidificação dos solos. O acúmulo de matéria orgânica num sistema adensado melhora a capacidade produtiva do solo mediante o aumento do pH, dos teores de Ca, Mg, K, P e do carbono orgânico, da estabilidade dos agregados e da retenção de água e mediante a diminuição do alumínio trocável (PAVAN et al., 1985, 1986 e 1993).

Não ocorre aumento das exigências de minerais nas lavouras adensadas em virtude da utilização mais eficiente dos fertilizantes, em

conseqüência do maior número de raízes que explora determinado volume de solo e da menor lixiviação dos minerais (KUMAR, 1978). A superfície do solo sendo menos cultivada e ficando mais protegida do impacto direto das gotas da chuva oferece maior proteção às raízes absorventes superficiais e contribui para maior preservação do solo, evitando a erosão. Assim, a maior eficiência de uso dos fertilizantes, ou seja, menores quantidades aplicadas por planta e por área, traduz-se em menor quantidade de adubo por saca de café produzida.

Os primeiros ensaios sobre espaçamentos de café, no Brasil, foram realizados na Seção de Café do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Assim, LAZZARINI et al. (1967) obtiveram diminuição da produção por planta, mas aumento por área com o adensamento dos cafeeiros, chegando a observar que o uso de duas plantas por cova é mais eficiente que uma ou quatro plantas, o que vem indicar limites para o adensamento. Obtiveram também respostas positivas da produção em função de maiores quantidades de adubos aplicados.

Esses autores, em outro ensaio, observaram que as produtividades por área cresceram com a diminuição da área por cova, de 8 para 6 e 4 m<sup>2</sup> e não obtiveram resposta para a aplicação de três doses de fertilizantes, em Campinas (SP), mas obtiveram resposta linear a doses de fertilizantes em Ribeirão Preto.

Em cafeeiros cultivados a pleno sol, em Porto Rico, BONETA e BOSQUE (1973) determinaram que as melhores doses de N, P e K, para o espaçamento de 1,80 x 1,80 m, foram de 200, 75 e 400 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Na Colômbia, URIBE e SALAZAR (1981), estudando quatro populações e as doses de 200, 400, 600 e 800 g cova<sup>-1</sup> da fórmula 12-12-17, observaram que os maiores efeitos nas produções foram em virtude das variações dos espaçamentos, em comparação com os menores efeitos causados pelas variações nas doses dos fertilizantes.

MIGUEL et al. (1991), elevando a população de cafeeiros de 1.666 para 10.000 plantas por hectare, após 16 colheitas, observaram considerável melhoria do solo em termos de acidez, teores de macronutrientes e saturação de bases e 50% a mais de eficiência no aproveitamento dos adubos sobre a produção. O plantio adensado de cafeeiros é, assim, alternativa para melhorar a fertilidade dos solos ácidos pela diminuição das perdas de compostos orgânicos e inorgânicos do ecossistema e pela implementação do manejo dos resíduos da própria cultura e das ervas daninhas, com reflexos diretos nos ciclos dos nutrientes, principalmente C, N e P (PAVAN e CHAVES, 1996).

Em altas densidades, as lavouras produzem mais, extraindo conseqüentemente mais nutrientes, mas o fazem com mais eficiência. Os requerimentos adicionais de fertilizantes decorrentes do incremento da população não são proporcionais nem aos incrementos no rendimento nem ao aumento do número de plantas (RIVERA, 1991).

MIGUEL et al. (1986b), ao analisarem os fatores que influenciam a escolha do espaçamento, constataram que a fertilidade é fator de elevada importância e que os solos mais férteis requerem espaçamentos maiores, em vista do maior desenvolvimento das plantas da maior rapidez de fechamento da lavoura. Argumentam ainda que para os espaçamentos convencionais a adubação a ser recomendada deve ser por cova ou por planta e para os espaçamentos adensados, onde há mais concorrência entre plantas e melhor aproveitamento dos fertilizantes, pode-se diminuir a dose a ser aplicada e a recomendação ser definida por área.

Nos cafeeiros adensados, até o primeiro ano pós-plantio, quando as plantas estão ainda individualizadas, pode-se recomendar a adubação por planta. Entretanto, na lavoura adulta, a adubação de

produção deve ser avaliada com base na análise do solo, podendo assim serem diagnosticadas as prováveis deficiências da lavoura, e a quantidade e a qualidade da adubação devem também ser realizadas em função das produtividades, anterior e futura. No cômputo geral, as recomendações de adubação resultam em 1.500 a 2.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> da formulação 20-5-20. Mas, a bem da verdade, inexistem experimentos que definam, com precisão, a adubação de cafeeiros adensados (MATIELLO, 1995).

#### *2.4. Influência do adensamento na produtividade e na qualidade do café*

Os espaçamentos adensados na cafeicultura vêm preencher as condições em que é recomendável o uso mais intenso da área, especialmente nas pequenas propriedades, naquelas com pouca área disponível ou nas regiões montanhosas, onde os tratos culturais são realizados manualmente. São úteis, até mesmo nas áreas com topografia plana, onde, em virtude da estrutura ser típica de pequena propriedade, não se opera a economia de escala (PAVAN e CHAVES, 1996). São fundamentais, também, nas regiões mais desenvolvidas e, ou, com solos mais férteis, onde as terras são muito valorizadas.

Além da produtividade, que é o fator primordial para se adotar determinado espaçamento, deve-se levar em consideração fatores importantes, como a mecanização e os tratos culturais, a colheita manual ou mecanizada, as adversidades climáticas, as condições topográficas, principalmente a declividade, a influência do clima na maturação, a cultivar a ser plantada e suas características fenológicas, a disponibilidade de mão-de-obra, o tamanho e o tipo de condução da

lavoura e, acima de tudo, o custo de formação e a manutenção da lavoura (ANDROCIOLI FILHO, 1996).

O agricultor, ao se definir por plantar café adensado, deve ter em mente que, após o fechamento da lavoura, tornar-se-ão necessárias intervenções mediante podas, eliminação de fileiras de plantio ou outras medidas que possam proporcionar a manutenção do bom nível de produtividade.

Os aumentos de produtividade proporcionados pelos métodos de manejo mais avançados, aliados aos melhores sistemas de controle de pragas e doenças, serão ultrapassados pela maior densidade populacional de plantas por unidade de área, ou seja, pela exploração da cultura em sistemas de plantio adensado (HUXLEY, 1969).

Está demonstrado, desde os primeiros trabalhos realizados com espaçamentos, que o adensamento proporciona produtividades muito maiores que os plantios convencionais, o que pode compensar o aumento das dificuldades nos tratos fitossanitários, no manejo da lavoura e na colheita. Há várias evidências de que a população ideal está em torno de 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o que corresponde a área de 2,00 m<sup>2</sup> a por planta.

Por volta de 1932, no IAC, experimentos com a variedade 'Comum' (Típica) evidenciaram que a produção foi diretamente proporcional ao número de plantas por unidade de área, com ganho relativo na produção de 70 e 98% no espaçamento de 2,50 x 2,50 m, com uma e duas plantas por cova, respectivamente, em relação ao espaçamento de 3,50 x 3,50 m, em 25 colheitas (MENDES et al., 1967). Em 1963, foi experimentado o plantio em renque, ou em fileira cerrada, com espaçamentos de 3,50 a 4,00 x 1,00 m, com uma e duas plantas por cova, em comparação com 4,00 x 2,00 m e quatro plantas por cova.

O plantio em renque demonstrou maiores vantagens nas três primeiras safras (MATIELLO, 1995).

Espaçamentos crescentes entre fileiras, desde 1,28 m até 6,62 m, e entre plantas nas fileiras fixado em 1,00 m, na primeira colheita, não apresentaram diferenças significativas entre as produções por planta, pelo fato de não ter ocorrido, ainda, concorrência por luz e outros fatores de produção (VIANA et al., 1978 e 1984; CAMARGO et al., 1979). Mas a produtividade aumentou de forma diretamente proporcional ao número de plantas por área. Possivelmente, o porte ainda pequeno dos cafeeiros não trouxe competição suficiente entre eles para influenciar na produção individual das covas.

O plantio adensado, em comparação com o sistema tradicional produz cerca de quatro a cinco vezes mais que os espaçamentos de 4,00 x 1,00 m e 4,00 x 1,50 m, enquanto a produção por planta diminui à medida que é aumentada a população e a idade da planta. O melhor aproveitamento da área, a redução da produção por planta e a menor flutuação das colheitas ocorrem nos espaçamentos menores (ALMEIDA et al., 1981; MIGUEL et al., 1979). Contudo, os plantios mais concentrados promovem o atraso na maturação dos frutos, o que reflete em retardamento na colheita (MIGUEL et al., 1981).

Nos últimos anos, os espaçamentos adensados vêm despertando grande interesse entre os cafeicultores, principalmente após a grande geada ocorrida em 1975, muito embora trabalhos anteriores a essa data já mostrassem a possibilidade do ganho em produtividade com o aumento do número de covas por unidade de área. Trabalhos mais recentes têm consolidado o aspecto da proporcionalidade direta entre o aumento do número de covas por hectare e a produção, até limite ótimo, sendo este limite condicionado



pelo local de cultivo (ambiente), a idade e a cultivar plantada (VIANA, 1984).

O alargamento das ruas, concomitante ao adensamento na fileira, pode proporcionar maiores populações e, ao mesmo tempo, facilitar a passagem de implementos, especialmente as tratorizadas, viabilizando a mecanização dos tratos culturais, condição essencial à exploração da cultura cafeeira em larga escala (MATIELLO et al., 1987). A utilização dos espaçamentos de 3,00 a 4,50 m por 0,50 a 1,00 m e paralelamente o emprego de variedades melhoradas, como o ‘Catuaí’ e o ‘Mundo Novo’, foram tão significativos que a densidade média de cafeeiros passou de pouco menos de 1.000 para 2.500 plantas/ha, em média geral do País, e a produtividade aumentou significativamente (MATIELLO, 1995). A partir de 1980 vários ensaios foram realizados e mostraram as vantagens do plantio com menores distâncias entre covas na fileira. Assim, de 1,50 a 2,00 m houve evolução para 0,50 a 1,00 m, passando a predominar os plantios em renque, com 3,00 a 4,50 m x 0,50 a 1,00 m e uma planta por cova. Cresceram, também, a partir de 1980 os plantios adensados, com 5.000 a 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, e nos últimos anos é preconizado até superadensamento, com mais de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> (MATIELLO, 1995).

A cultivar ‘Mundo Novo’, em espaçamentos que variaram de 2,00 x 0,50 a 1,00 m e 4,00 x 0,50 a 2,00 m, apresentou, nos espaçamentos adensados, produções 73% superiores aos espaçamentos maiores. Contudo, os espaçamentos adensados de 2,00 m de rua com populações de 10.000 e 5.000 plantas ha<sup>-1</sup> promoveram o precoce fechamento da lavoura, necessitando da intervenção de podas. A cultivar ‘Mundo Novo’, assim, mostrou que não se adapta bem aos espaçamentos adensados pelo vigor vegetativo e pela arquitetura da planta, fechando precocemente a lavoura. A redução na produção

possivelmente está associada ao excessivo fechamento e à maior incidência de ferrugem. Para o 'Mundo Novo', o espaçamento aparentemente ideal é o de 4,00 x 1,00 m, com uma planta por cova (TOLEDO et al., 1990 a).

CAMARGO et al. (1983) obtiveram a produção mais elevada no espaçamento de 1,54 x 1,00 m e observaram que a poda não foi necessária até aos sete anos de idade da lavoura.

De acordo com TOLEDO et al. (1990 b), a cultivar 'Catuaí' no sistema adensado apresenta vantagem sobre a 'Mundo Novo' por causa de sua arquitetura mais compacta. O adensamento de ruas aumenta progressivamente a incidência de ferrugem e diminui a de bichomineiro (MIGUEL et al., 1986a).

Populações de 'Catuaí' e 'Mundo Novo', crescentes de 1.429 a 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, aumentaram a produtividade e reduziram a biennialidade de produção do cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1996; MENDES et al., 1996).

Assim, um dos fatores mais importantes que se deve levar em consideração para a implantação de cultura de café é o número de plantas por área e a sua disposição no terreno, visando alcançar rapidamente e manter índice de área foliar ótimo, o qual permita a produção máxima (MIGUEL et al., 1986b).

Os impactos do adensamento nos métodos de colheita e pós-colheita são muito diferentes entre os países que produzem café lavado e café não-lavado. Teoricamente, nos países produtores de café lavado, onde se pratica a colheita seletiva, a maior densidade prejudica o acesso aos frutos e talvez a própria qualidade da colheita. Por outro lado, nos países produtores de café não-lavado, que derriçam o produto, a colheita é facilitada pela maior produção por área, embora a dificuldade de acesso ao produto seja, também, problema. Com relação

ao tratamento pós-colheita de cafés adensados, não há necessidade de cuidados especiais diferentes daqueles aplicados aos convencionais, no caso de colheita seletiva (BRANDO, 1996). Entretanto, no caso de colheita por derriça, há várias diferenças no que toca ao processamento do produto. O café plantado em alta densidade tem colheita mais longa e maturação desuniforme, bem como maior produção por área. Assim, torna-se crucial a separação dos vários tipos de frutos ( verde, cereja, bóia e chão) para processamento por via seca.

### *2.5. Custo e benefício do plantio adensado*

Há necessidade de se reestruturar a forma de produção do café, buscando inovações que visem melhorar a qualidade, a produtividade e a competitividade do produto nos mercados interno e externo. O adensamento da cultura é uma dessas inovações. Fundamentalmente, eleva-se a densidade de plantas por hectare que, associada a melhorias na colheita e na fase de preparo do café, amplia a produção e a proporção de produtos de melhor qualidade (MARTIN et al., 1995).

A prática do adensamento de lavouras tem gerado polêmicas no setor cafeeiro. Aqueles que se dizem contra argumentam que esta seria indicada apenas para pequenos produtores, em condições bastante específicas e para os grandes produtores seria contra-indicado, sem, no entanto, apresentar razões convincentes. Por sua vez, os defensores do sistema adensado apresentam duas razões fundamentais para a sua posição: 1) o menor custo de produção por saca, decorrente da maior produtividade por área e 2) a liberação de áreas da propriedade para cultivos alternativos, já que o mesmo volume de café pode ser obtido em áreas menores. Socialmente, no entanto, interessa saber se esse sistema propicia inserção competitiva do produto e, do ponto de vista

alocativo, se seria a forma mais eficiente de investimento dos cafeicultores.

MARTIN et al. (1995) compararam os processos de cultivo adensado, o convencional e o de “dobra” da lavoura. No sistema adensado, a população continha 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, espaçadas de 1,20 x 0,80 m e no sistema convencional, 1.400 covas ha<sup>-1</sup>, espaçadas de 3,50 x 1,50 m, com duas mudas por cova, conduzidas com os mesmos tratamentos culturais e a mesma adubação. A prática de “dobra” dos cafezais convencionais consistiu na introdução de nova fileira de plantio no centro da rua, com espaçamento de 0,80 m entre plantas. No caso da lavoura em estudo, o espaçamento convencional era de 3,00 x 0,80 m e com a “dobra” ficou com 1,50 x 0,80 m.

O sistema de espaçamento convencional só apresentou possibilidade de retorno nas situações de altos preços do produto e alta produtividade, pois o preço de equilíbrio para o custo operacional de produção foi de R\$90,00 para o espaçamento convencional, R\$64,00 para o dobrado e R\$58,00 para o adensado, mostrando o potencial das alternativas sobre o sistema tradicional de exploração da cultura do café (MARTIN et al., 1995).

Sob o ponto de vista econômico, o adensamento dos cafezais mostrou vantagens comparativas, face ao sistema convencional e ao “dobrado”, tendo custos, em média, 50% menores que o sistema convencional. Além disso, no café em sistema adensado, as primeiras safras têm alta produtividade, melhorando o fluxo de caixa. A “dobra” da lavoura mostrou vantagens em termos de redução de custos unitários e ampliação das margens de retorno financeiro sobre o cultivo convencional (MARTIN et al., 1995).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### *3.1. Caracterização da área experimental*

O presente trabalho foi conduzido por nove anos, na Fazenda Experimental da EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Patrocínio (MG), tendo sido iniciado em novembro de 1984 e conduzido até junho de 1994, quando foi feita a última colheita.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Lvd), textura argilosa, originalmente sob vegetação de cerrado. A área, de relevo suave ondulado, está situada à altitude de 934 m, latitude de 18° 57' S e longitude de 47° 00' W. Apresenta precipitação pluvial média anual de 1.372 mm, concentrada nos meses de outubro a março, temperatura média anual de 21,8° C e o clima classificado como Cwa, segundo a classificação de Köppen. A caracterização do solo foi feita por amostragem da camada de 0 a 20 cm de profundidade e analisada química e fisicamente (Quadro 1).

As temperaturas do ar e a pluviosidade, durante o período do estudo da fenologia (1987 a 1989), são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 1 - Características químicas e físicas da amostra superficial (0 a 20 cm) do LVd da área experimental, coletada em novembro de 1984

Características	Valores
pH (H <sub>2</sub> O)	5,1
P <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	nihil
K <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	50,0
Ca <sup>(b)</sup> (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,0
Mg <sup>(b)</sup> (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,0
Al <sup>(b)</sup> (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,0
M. O. <sup>(c)</sup> (g/kg)	29,0
Cu <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	2,0
Fe <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	35,0
Mn <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	9,0
Zn <sup>(a)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	nihil
Classe textural <sup>(d)</sup>	Argilosa

Determinações realizadas pelo Laboratório de Química Agrícola “John Weelock” do Departamento de Ciência do Solo da UFLA - Lavras (MG).

<sup>a)</sup> Extrator de Mehlich 1; <sup>(b)</sup> Extrator KCl 1N; <sup>(c)</sup> Método colorimétrico;

<sup>(d)</sup> Método da pipeta.

Quadro 2 - Temperaturas atmosféricas e precipitação pluvial de Patrocínio (MG)

Mês	Ano - 1987				Ano - 1988				Ano - 1989			
	*Temperatura °C			Precipitação mm	Temperatura °C			Precipitação mm	Temperatura °C			Precipitação mm
	Máx.	Méd.	Mín.		Máx.	Méd.	Mín.		Máx.	Méd.	Mín.	
JAN	29,2	22,3	15,3	209,1	28,4	23,2	18,0	231,7	28,5	22,1	15,7	183,4
FEV	28,1	21,5	14,8	103,8	28,9	23,4	17,9	357,1	28,3	22,0	15,6	315,9
MAR	29,0	21,6	14,2	163,6	28,8	22,8	16,7	193,8	28,6	22,1	15,6	95,4
ABR	28,1	20,7	13,3	213,0	29,4	22,6	15,7	47,9	29,0	22,0	15,0	57,4
MAIO	27,8	19,8	11,7	24,0	27,0	20,5	14,0	24,6	23,5	17,4	11,3	0,0
JUN	25,9	16,9	7,9	6,4	25,4	18,0	10,7	15,2	26,0	18,3	10,6	9,0
JUL	27,1	19,0	10,8	2,6	24,2	16,9	9,5	0,0	23,8	16,6	9,4	36,0
AGO	28,9	20,5	12,1	6,2	27,1	19,0	10,9	0,0	27,4	19,9	12,4	56,4
SET	29,8	22,5	15,1	44,2	30,7	23,0	15,3	33,0	29,4	22,1	14,7	88,6
OUT	29,0	23,0	17,1	205,7	25,7	20,5	15,3	134,1	29,7	22,6	15,5	79,8
NOV	28,4	22,4	16,3	206,1	27,2	21,0	14,9	190,5	28,5	21,9	15,3	297,4
DEZ	27,7	22,5	17,2	310,4	27,9	21,7	15,4	164,6	27,1	21,2	15,4	320,3
MÉDIA	28,2	21,1	13,8	124,7*	27,6	21,0	14,5	116,0*	27,5	20,7	13,9	128,3*
TOTAL	-	-	-	1496,7	-	-	-	1392,5	-	-	-	1.539,6

FONTES: Quinto Distrito de Meteorologia de Minas Gerais - MARA.

GARCAFÊ - Cooperativa de Cafeicultores da Região de Garça (Núcleo de Patrocínio (MG)).

EPAMIG - Fazenda Expeirmental de Patrocínio (MG).

\* Médias mensais.

### 3.2. Delineamento experimental, caracterização das parcelas e dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de parcela subdividida em blocos casualizados com três repetições, distribuindo-se nas parcelas os três espaçamentos de rua (1,50; 2,25; e 3,00 m) e os três espaçamentos nas fileiras de plantio (0,50; 1,00; e 1,50 m); e nas sub-parcelas, as quatro doses do fertilizante 20-5-20 (20% de N, 5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20% de K<sub>2</sub>O), perfazendo 36 tratamentos.

A unidade experimental foi constituída por quatro fileiras de 12 metros de comprimento seguindo a distribuição descrita no Quadro 3. A unidade experimental útil, da subparcela, foi constituída das duas fileiras centrais eliminando-se as duas covas iniciais e finais das fileiras.

Quadro 3 - Caracterização das parcelas experimentais segundo os espaçamentos, a área da parcela, a área por planta e o número de covas por parcela e por hectare

Espaçamentos (m)	Área da parcela (m <sup>2</sup> )	Nº de covas por parcela	Área por planta (m <sup>2</sup> )	Nº de covas ou plantas por hectare
1,50 x 0,50	72	96	0,75	13.333
1,50 x 1,00	72	48	1,50	6.666
1,50 x 1,50	72	32	2,25	4.444
2,25 x 0,50	108	96	1,13	8.888
2,25 x 1,00	108	48	2,25	4.444
2,25 x 1,50	108	32	3,39	2.963
3,00 x 0,50	144	96	1,50	6.666
3,00 x 1,00	144	48	3,00	3.333
3,00 x 1,50	144	32	4,50	2.222



A adubação de plantio, por cova, igual para todos os espaçamentos, foi constituída por 250g de superfosfato simples, 300 g de gesso agrícola, 300 g de calcário dolomítico e 10 g de bórax misturados à terra das covas. Em cobertura, após o plantio, aplicou-se 35 g de uréia e 25 g de KCl cova<sup>-1</sup>. A adubação de primeiro ano pós-plantio (1985/86) constituiu-se de 80 g de uréia e 58 g de KCl cova<sup>-1</sup>.

No segundo e no terceiro ano pós-plantio (1986/88), as adubações foram diferenciadas em 1.000; 2.000; 3.000; e 4.000 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 20-5-20, denominadas de A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub>, respectivamente, e no quarto ano (1988/89) e nos posteriores, sob a mesma denominação, foram aplicados 1.200, 2.400, 3.600; e 4.800 kg ha<sup>-1</sup> da mesma formulação.

### *3.3. Condução do experimento*

Aplicou-se, após a aração da área, 5,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário com 26,92% de CaO; 19,35% de MgO; e PRNT de 71,94%, incorporado à profundidade de 20 cm por gradagem. Sulcou-se o terreno de acordo com os espaçamentos estabelecidos.

O plantio foi realizado com uma planta por cova, em fevereiro de 1985, utilizando-se a cultivar 'Catuaí Vermelho' CH 2077-2-5-44.

No ano do plantio dividiu-se a dose de adubo aplicada em cobertura em dois parcelamentos (março e abril). A partir do primeiro ano pós-plantio, as adubações foram feitas em cinco parcelamentos (out., dez., jan., fev. e mar.).

O boro foi sempre aplicado no solo na forma de bórax, em dois parcelamentos, outubro e fevereiro, e o zinco, em quatro pulverizações foliares anuais, aplicadas a alto volume, com solução de sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub> . 7H<sub>2</sub>O) a 0,5%, em agosto, novembro, fevereiro e maio. Tanto o B quanto o Zn foram aplicados em doses iguais em todos os tratamentos.

As aplicações dos adubos, via solo, foram feitas distribuindo-os manualmente dos dois lados das plantas, ao longo das fileiras e do tronco até a borda dos ramos plagiotrópicos.

A amostragem do solo para análise foi realizada com trado holandês, retirando-se de cada lado da planta uma amostra de 0-20 cm de profundidade, localizando o furo a 20 cm da projeção da copa, para dentro. Todas as plantas úteis da parcela foram amostradas e da mistura das amostras simples fez-se uma amostra composta, tanto em 1988 quanto em 1990.

Os cafeeiros foram sempre mantidos livres de ervas daninhas, por capina manual. No mês de maio de cada ano foram feitas as arruações e em julho, após a colheita, as esparramações do cisco.

As colheitas foram realizadas quando os frutos apresentavam em torno de 90% no estágio de cereja. Anualmente, em abril e em junho, foi realizado o controle do bicho-mineiro e em dezembro e janeiro, o da broca-do-café. Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março foram feitas aplicações foliares com oxiclureto de cobre (50% de cobre metálico) a 1,0% para o controle da ferrugem-do-cafeeiro. Anualmente, após a colheita, foram feitas, também, podas de limpeza (desbrotas).

### *3.4. Avaliações*

Para o estudo da produtividade foram tomados os dados de produção em todos os nove espaçamentos e nas quatro doses do fertilizante. Ao colher, determinou-se o peso dos frutos, na forma de café da roça, por unidade experimental e por planta.

Do total tirou-se amostra de 2 kg, a qual foi secada até 11% de umidade, beneficiada e pesada, transformando os dados obtidos em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare e em gramas de café beneficiado por planta. Em agosto de 1988 e 1990 após a esparramação do cisco, foram coletadas amostras de solo para análise química.

Para o estudo do crescimento vegetativo tomou-se, do total dos tratamentos, apenas os espaçamentos de 1,50 x 1,00; 2,25 x 1,00; 3,00 x 0,50; 3,00 x 1,00; e 3,00 x 1,50 m, nas adubações de 1.200; 2.400; e 3.600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-5-20, nos três blocos, perfazendo 15 tratamentos. Nesse caso a unidade experimental útil foi constituída de quatro plantas centrais da subparcela. Em cada uma foram marcados, na altura média da copa, quatro ramos plagiotrópicos primários, dispostos nos quatro quadrantes onde foram contados o número de nós e o número de folhas. Nessas mesmas plantas determinaram-se também a altura da planta, o diâmetro maior da base da copa, o diâmetro médio da base do caule e o número de ramos plagiotrópicos primários.

O diâmetro da base do caule foi medido a quatro centímetros do solo, no sentido da maior e da menor dimensão, apresentando-se, neste texto, a média dos dois valores. O maior diâmetro da copa foi tomado no sentido transversal à linha de plantio, medindo-se a extensão dos ramos de maior dimensão.

O número de nós do ramo plagiotrópico primário e o número de folhas nele contido foi tomado em ramos marcados a partir dos 12 até aos 37,7 meses de idade do ramo. A altura do caule, o diâmetro da base da copa e do caule e o número de ramos plagiotrópicos primários foram medidos a partir dos 30 até aos 55,7 meses de idade da planta. Essas determinações foram realizadas em 1987 (17.08, 25.09, 26.10 e 14.12), em 1988 (22.03, 26.04, 26.09, 28.11 e 29.12) e em 1989 (23.01, 20.02, 20.3, 24.04, 24.07 e 25.09).

Para o estudo do desenvolvimento reprodutivo, selecionaram-se apenas os espaçamentos de 1,50 x 1,00; 2,25 x 1,00; e 3,00 x 1,00 m, na dose de 2.400 kg do fertilizante 20-5-20. Para tal foram selecionados e marcados quatro ramos plagiotrópicos primários de primeira floração, por planta, nos quatro quadrantes da planta. Foram contados os botões verdes e brancos e os frutos chumbinhos e verdes. Os botões verdes foram distinguidos quando o verticilo floral atingia 3 a 5 mm de comprimento e cor verde, e os botões brancos foram caracterizados pelo

estádio vela a partir da cor verde-palha; os chumbinhos foram contados, quatro a seis dias após a antese, com as pétalas já secas, também denominados *cabeça-de-alfinete* até seis semanas após a antese.

A contagem dos frutos completamente expandidos, denominados de *frutos verdes*, iniciou-se em janeiro/fevereiro.

### 3.5. Análises estatísticas

Os dados de produção, crescimento vegetativo e desempenho reprodutivo foram analisados observando-se as considerações feitas para cada tipo de avaliação (ou dado), no item anterior.

#### 3.5.1. Dados de produção

As análises de variâncias foram realizadas com 36 tratamentos, seguindo o modelo estatístico para parcelas subdivididas, considerando na parcela os efeitos dos fatores espaçamento de ruas (R) e espaçamento entre plantas na fileira de plantio (F) e da interação R x F; e na subparcela os efeitos do fator adubação (A) e das interações R x A; F x A; e R x F x A, efeitos estes desdobrados em adubação dentro de espaçamentos (A / RF).

#### 3.5.2. Dados do crescimento vegetativo

Para estes dados, as análises de variâncias foram feitas usando modelo estatístico para parcela subdividida, tendo na parcela os efeitos do fator espaçamento de rua (1,50; 2,25; e 3,00 m) com 1,00 m entre plantas dentro da fileira e do fator espaçamento entre plantas na fileira de plantio (0,50; 1,00; e 1,50 m) com 3,00 m entre fileiras, combinados em uma matriz Baconiana, com cinco espaçamentos. Nas subparcelas foram desdobrados os efeitos da adubação dentro dos espaçamentos de 3,00 x 0,50; 3,00 x 1,00; 3,00 x 1,50; 2,25 x 1,00; e 1,50 x 1,00

(espaçamento de rua x distância entre plantas na fileira), tomados nas doses  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  das adubações. As taxas de crescimento foram calculadas com base nas 16 medidas, observadas nas datas referidas no item 3.4, e seis cálculos adicionais, perfazendo 24 observações, à exceção do número de folhas do ramo plagiotrópico primário em que o número de taxas calculadas foi de 23, uma vez que na primeira data das leituras 17.08.1987 não havia como estabelecer comparação com data anterior.

### *3.5.3. Dados do desenvolvimento reprodutivo*

Neste caso, foram analisados apenas os efeitos de rua (1,50; 2,25; e 3,00 m) com 1,00 m entre plantas na fileira, tomados apenas na dose  $A_2$  de adubação. As análises seguiram o modelo utilizado para experimento em blocos casualizados.

### *3.6. Análises econômicas*

O conceito de custo, aqui apresentado, é equivalente ao de despesa operacional usado por MARTIN et al. (1995) e os dados componentes do custo de produção foram tomados a partir do terreno destocado e limpo, computando-se a partir desse ponto as operações de aração, gradagem e sulcamento, bem como as de preparo da cova, de adubações e as de plantio e tratos culturais praticados no experimento e os insumos efetivamente gastos. Não foram considerados os custos de transporte, seca, beneficiamento e outros que se seguem. Para a determinação dos rendimentos operacionais de plantio, pulverizações e capinas foram adotados os coeficientes técnicos preconizados por GUIMARÃES et al. (1989). Os preços dos produtos e serviços foram tomados na Associação dos Cafeicultores da Região de Patrocínio - ACARPA e o preço da saca de 60 kg de café beneficiado estabelecido ao preço histórico de US\$ 100.00.

Em virtude de ser cultura permanente, a cafeicultura apresenta, normalmente, maiores produções a partir da quarta até a oitava colheita. Por causa dessa características e do ciclo bienal, entende-se que não são conclusivas as análises técnicas ou econômicas que contemplem somente as primeiras produções ou somente os anos de alta produção da cultura. Os resultados mais consistentes são obtidos de médias de dois anos, de alta e baixa produção, e de quatro, seis ou mais colheitas. Análises mais pertinentes são as que contemplam a vida econômica útil da cultura. Entretanto, este trabalho analisa também o ano da primeira colheita, por ter sido muito elevada e no intuito de captar fatores relevantes às análises subseqüentes.

Por exigência de condução da lavoura, os cafeeiros nos espaçamentos de 2,25 m e 1,50 m de rua receberam recepagem após a quarta produção. Por esse motivo, as análises foram feitas em três momentos distintos: no ano de primeira produção, com a soma das quatro primeiras e com a soma das oito produções (último ano de colheita).

As análises efetuadas comparam produção por hectare, custo de formação, custo operacional, receita líquida e relação benefício/custo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *4.1. Esclarecimentos iniciais*

#### *4.1.1. Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio*

Todas as análises de variância, apresentadas nas seções 4.2 e 4.3, indicaram que as adubações de 1.200 a 4.800 kg ha<sup>-1</sup> feitas com a formulação de 20-5-20 não influenciaram quaisquer das características vegetativas ou reprodutivas consideradas no período do estudo. Por esse motivo, as discussões do desenvolvimento vegetativo e do reprodutivo não considerarão, no geral, esse aspecto, a não ser em alguns casos específicos.

#### *4.1.2. Componentes do desenvolvimento vegetativo*

Há muito pouca informação sobre o efeito dos adensamentos no cultivo do cafeeiro e sobre sua estrutura e morfologia vegetativas. A maioria das pesquisas enfocou, até agora, os dados de produção e

nutrição, negligenciando os desenvolvimentos vegetativo e reprodutivo e a fenologia. Por esses motivos este trabalho é revestido de maior importância, mas as discussões são bastante breves.

#### *4.1.3. Produção de café beneficiado por planta*

A primeira safra de café beneficiado ou limpo (1986/87), por planta ou por área, aos 2,5 anos de idade foi muito elevada (Quadro 4). Por essa razão, a biennialidade foi muito acentuada, sendo a produção média de 1987/88 de apenas 14,6% da primeira produção e mesmo dois anos após a produção ainda não passou de 43% daquela obtida aos 2,5 anos. Isso, em termos médios, constitui uma surpresa, pois acredita-se que uma das vantagens dos plantios adensados do café é reduzir a biennialidade (RENA et al., 1996), embora a literatura seja conflitante (CLOWES e ALLISON, 1982 e 1983). Na verdade, a primeira safra não só prejudicou as duas colheitas subseqüentes como também influenciou em quase todas as outras características estudadas que serão apresentadas nos capítulos que se seguem.

Quadro 4 - Produção de café beneficiado por planta e por área, média de três espaçamentos<sup>1/</sup> nas safras de 1986/87 a 1988/89

---

Safra	Idade da planta	Produção de café beneficiado
-------	-----------------	------------------------------



	(anos)	(g planta <sup>-1</sup> )	Sacas ha <sup>-1</sup>
1986/87	2,5	1.151	89,5
1987/88	3,5	168	12,7
1988/89	4,5	499	38,8

1/ (1,50, 2,25, 3,00) x (1,00) m.

## 4.2. Desenvolvimento vegetativo

### 4.2.1. Altura da haste ortotrópica primária

A altura dos cafeeiros (Quadro 5; Figura 1) foi significativamente influenciada, de forma linear, pelas variações do espaçamento, quer seja pela abertura das ruas ou distância entre fileiras, quer seja pela distância entre as plantas na linha ou fileira de plantio, tanto aos 31,3 como aos 43,5 e aos 55,7 meses de idade (Quadro 6). As equações apresentadas no Quadro 7 indicam que a altura das plantas aumentou com a idade, mas decresceu linearmente com o aumento do espaçamento, tanto na rua como na fileira, e que o efeito dos espaçamentos acentuou-se com o passar do tempo, não apresentando tendência visível de estabilização, mesmo aos 55,7 meses de idade. Essas afirmações são suportadas pelos coeficientes da regressão linear (Quadro 7), que para a largura da rua foram de 3,93; 8,52; e 11,85 e para a distância entre plantas na fileira foram de 7,12; 18,55; e 27,56, para os 31,3; 43,5; e 55,7 meses, respectivamente. Esses coeficientes também indicam que a altura foi mais intensamente afetada pelo adensamento na fileira que pelo adensamento de ruas. Na verdade, o aumento da iluminação tende produzir plantas mais baixas e mais diferenciadas (MAESTRI e BARROS, 1977; CLOWES e ALLISON, 1982; NJOROGÉ et al., 1992).

Com base na média de cinco espaçamentos estudados (Quadro 5), observou-se que os cafeeiros cresceram a taxas médias de 3,20 cm mês<sup>-1</sup>, desde o plantio até os primeiros 31,3 meses; de 2,12 cm mês<sup>-1</sup> dos 31,3 aos 43,5 meses; e, finalmente, de 1,69 cm mês<sup>-1</sup> dos 43,5 aos 55,7 meses de idade das plantas. Esses resultados indicam que o potencial de crescimento do meristema terminal da haste ortotrópica principal decaiu acentuadamente com a idade, aproximando a altura, assintoticamente, de um valor

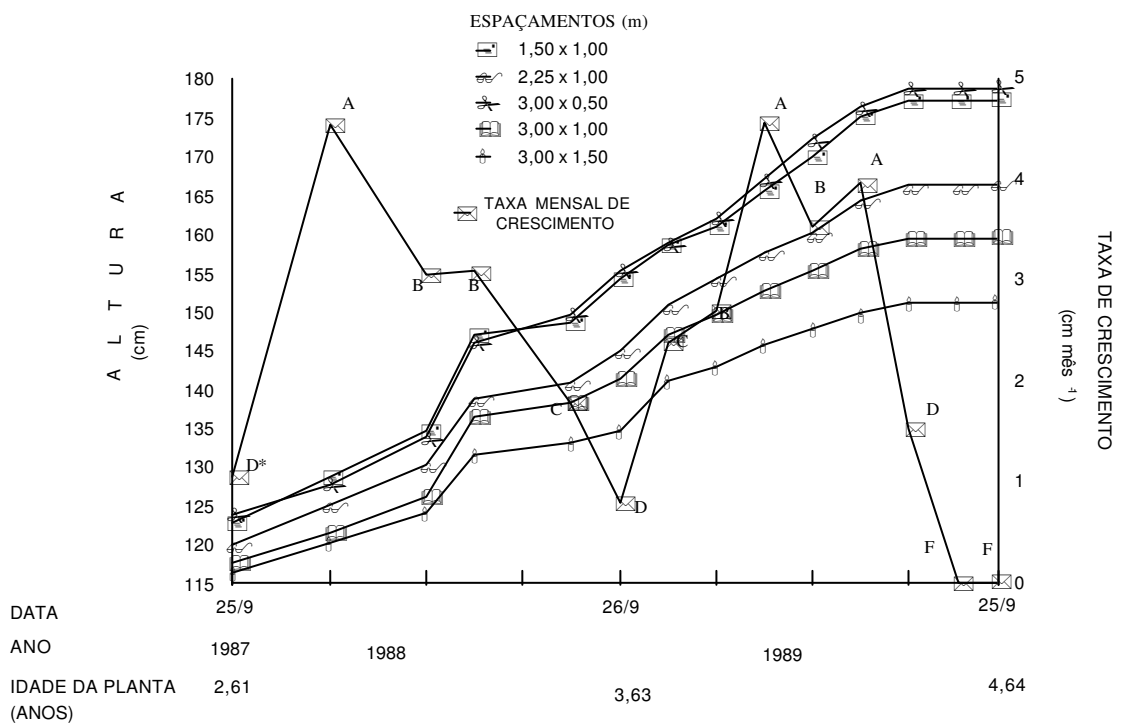
Quadro 5 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento da altura do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987				1988					1989						
	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Idade da planta (meses)	30,00	31,30	32,33	33,97	37,27	38,43	43,53	45,63	46,67	47,50	48,43	49,37	50,53	51,47	53,57	55,67
Altura da planta (cm) <sup>1/</sup>	118,7	120,1	124,8	129,8	140,0	142,1	146,1	151,3	154,0	157,8	161,1	164,8	166,6	166,6	166,6	166,6
Taxa de crescimento	3,29 <sup>2/</sup> B*	1,05 D	4,55 A	3,06	3,09 B	1,80	0,80 D	2,38	2,71 B	4,56 A	3,54	3,96 A	1,54 D	0,00 F	0,00 F	0,00 F
				B		C		C			B					
(cm mês <sup>-1</sup> )		3,20 <sup>2/</sup>			3,34 B		0,97 D					3,21 B				0,29 E
		B														
		3,20 <sup>2/</sup>					2,12 C									1,69 C
		B														

<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados. Ao plantio as mudas possuíam, em média, 20 cm de altura.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à idade da planta. Demais taxas foram calculadas em relação às datas anteriores.

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.



\* Os pontos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 1 - Altura e taxa de crescimento da haste ortotrópica principal, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 6 - Análise de variância da altura dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas

Data da observação		25.09.87	26.09.88	25.09.89
Idade das plantas (meses)		31,3	43,5	55,7
F.V.	GL	QM	QM	QM
BLOCO	2	365,86	166,02	65,86
(R vs F)	(1)	28,16	124,51	275,63
RUA				
Linear	1	152,38**	640,38*	1303,71**
Quad.	1	3,84	142,50	142,50
FILEIRA				
Linear	1	227,55**	1901,38**	3.416,88**
Quad.	1	32,66	78,24	185,18
Resíduo (a)	8	9,50	71,49	116,10
Adub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	6,77	40,77	12,11
Adub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	11,44	13,00	73,00
Adub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	11,44	6,33	12,11
Adub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	16,33	0,44	44,77
Adub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	18,11	42,11	144,77
Resíduo (b)	20	10,41	32,90	54,53
C.V.% (a)		2,57	5,79	6,47
C.V.% (b)		2,69	3,93	4,43

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

máximo (MOHR e SHOPFER, 1995), característico da cultivar ‘Catuaí’ (FAZUOLI, 1986). Em outras palavras, os cafeeiros cresceram mais rapidamente na fase de formação que na fase de produção ou mesmo em cafeeiros adultos mantidos sem frutos (AMARAL, 1991; CARVALHO et al., 1993).

Quadro 7 - Equações de regressão para a altura do cafeeiro (cm) em função dos espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data da observação	Idade das plantas (meses)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
25.09.87	31,3	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f. rua) = 127,85 - 3,93**. $E_{1/}$	0,98
25.09.87	31,3	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f..fileira) = 124,68 - 7,12**. $E$	0,87
26.09.88	43,5	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f. rua) = 166,06 - 8,52**. $E$	0,94
26.09.88	43,5	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f..fileira) = 161,73 - 18,55**. $E$	0,97
25.09.89	55,7	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f. rua) = 194,33 - 11,85**. $E$	0,98
25.09.89	55,7	$\hat{Y}^{\hat{\epsilon}}$ (f. fileira) = 190.71 - 27,56**. $E$	0,95

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

$1/$  Espaçamento em metros.

Quanto aos efeitos das adubações, observou-se resposta quadrática dentro do espaçamento de 3,00 x 1,50 m, aos 31,3 e 55,7 meses, a 10% de probabilidade, pelo teste F, a qual não se comentará

em virtude da inconsistência dessa tendência com os demais espaçamentos.

A análise comparativa das taxas de crescimento entre os diferentes períodos do ano (Quadros 5 e 8; Figura 1) indicou que as taxas da primavera/verão (setembro/março) não diferiram entre 87/88 e 88/89, mas foram substancialmente maiores que aquelas ocorridas no período de outono/inverno. Por outro lado, ainda que as taxas médias anuais (setembro/setembro) não tenham sido diferentes entre 87/88 e 88/89, houve significativa diferença entre as taxas de outono/inverno de 88 e de 89. As diferenças entre as taxas de primavera/verão e de outono/inverno apenas caracterizam a existência de períodos de ativo crescimento e de repouso do cafeeiro (MAESTRI e BARROS, 1977; RENA e MAESTRI, 1986; RENA et al., 1996), que são basicamente controlados pelas variações de temperatura (AMARAL et al., 1987; AMARAL, 1991).

Quadro 8 - Análise de variância das taxas de crescimento dos componentes do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989

Componentes vegetativos								
F.V.	GL	Altura da haste ortotrópica	Diâmetro da base da copa	Diâmetro da base do caule	Número de ramos plagiotrópicos primários	Número de nós do ramo plagiotrópico primário	GL	Número de folhas do ramo plagiotrópico primário
		QM	QM	QM	QM	QM		QM
Bloco	2	0,340	0,571	0,007	0,159	0,217	2	0,091
Data	23	3,712**	6,808**	0,609**	1,366**	0,825**	22	20,166**
Resíduo	46	0,227	0,106	0,017	0,089	0,048	44	0,082



C.V.%	20,49	11,89	18,75	20,02	21,59	13,80
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

O cafeeiro tem seu crescimento vegetativo da parte aérea paralisado quando a temperatura do ar é inferior a 14°C, independentemente da umidade do solo, do fotoperíodo e da nutrição (AMARAL et al., 1987; AMARAL, 1991). A diferença entre as taxas de crescimento no outono/inverno de 1988 e de 1989 (Quadro 5) chama atenção. Contudo, essa diferença é apenas consequência da deficiência da metodologia de obtenção dos dados no inverno de 1988. O tempo muito longo entre as observações, nesse período (26.04 a 26.09), não permitiu captar as taxas de crescimento do caule, em altura, próximas de zero (AMARAL, 1991), como foi observado na mesma época em 1987 e 1988 (Figura 1). Problema semelhante aparece no verão de 1987/88. Pelo intervalo muito longo entre as determinações, de 14.12.1987 a 22.03.1988, não foi possível captar a ligeira, mas real, queda da taxa de crescimento durante a época mais quente do ano (MAESTRI e BARROS, 1977) como ocorreu em janeiro/fevereiro de 1989 (Figura 1).

Em 1987, a taxa máxima de crescimento ocorreu entre setembro/outubro, mantendo-se num patamar elevado até março de 1988, quando declinou até o início do novo ciclo, em 26.09.1988. Diferentemente do ano anterior; o máximo de crescimento foi observado em janeiro de 1989 (Quadro 5), relacionando-se, possivelmente, com o prolongamento do período de baixas temperaturas em 1988, o qual se estendeu até dezembro deste ano (Quadro 2).

#### 4.2.2. Diâmetro da base da copa

O diâmetro da base da copa ou da base da saia do cafeeiro (Quadro 9; Figura 2), até aos 55,7 meses de idade, não sofreu influência significativa do adensamento das ruas (Quadro 10). Contudo, o adensamento entre plantas na fileira resultou em maiores diâmetros da copa, de forma linear, já a partir dos 31,3 meses de idade, até o término das observações, aos 55,7 meses (Quadro 10). Esse crescimento pode ser descrito pelas equações do Quadro 11, nas quais se verifica que a copa dos cafeeiros cresce com a idade e decresce linearmente em função dos maiores espaçamentos entre as plantas na fileira. Observa-se, ainda, que os efeitos dos espaçamentos acentuam-se com o tempo. Resultados semelhantes têm sido obtidos na literatura, mas parecem não ser universais (RIVERA, 1991; NJOROGÉ et al., 1992).

Quadro 9 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do diâmetro da base da copa do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987					1988					1989					
	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Idade da planta (meses )	30,00	31,30	32,33	33,97	37,27	38,43	43,53	45,63	46,67	47,50	48,43	49,37	50,53	51,47	53,57	55,67
Diâmetro da copa (cm) <sup>1/</sup>	114,6	114,9	116,9	122,4	133,8	138,3	143,7	151,4	156,6	161,8	166,8	170,2	173,7	173,7	173,7	173,7
Taxa de crescimento	3,82 <sup>2/</sup> C	0,22 G	1,92	3,37 D	3,47 C	3,79 C	1,06 F	3,70 C	4,95	6,31 A	5,38 B	3,62 C	3,02 D	0,00 H	0,00 H	0,00 H
(cm mês <sup>-1</sup> )		3,67 <sup>2/</sup> C	E		3,17 D		1,58		B			4,54 B				0,56 F
							E									
		3,67 <sup>2/</sup> C					2,35									2,47 E
							E									

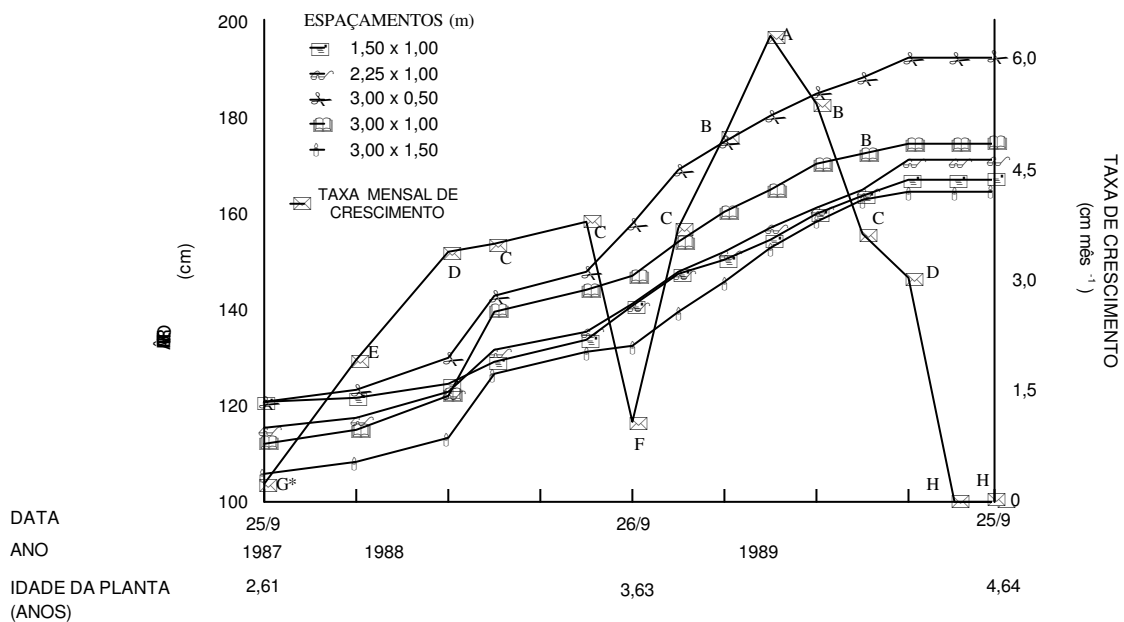
<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à idade da planta. Demais taxas foram calculadas em relação às datas anteriores.

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.

CA

DA



\*Os pontos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 2 - Diâmetro da base da copa e sua taxa de crescimento, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 10 - Análise de variância do diâmetro da base da copa dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas

Data da observação		25.09.87	26.09.88	25.09.89
Idade das plantas (meses)		31,3	43,5	55,7
F.V.	GL	QM	QM	QM
BLOCO	2	108,68	435,80	587,28
(R vs F)	(1)	156,03	164,03	855,62
RUA				
Linear	1	227,11	202,98	238,09
Quad.	1	27,62	17,53	11,46
FILEIRA				
Linear	1	1.012,50**	2.888,00**	3.528,00**
Quad.	1	8,16	23,99	85,62
Resíduo (a)	8	101,32	245,43	309,51
Asub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	3,44	4,00	64,33
Asub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	272,44	32,33	62,11
Asub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	70,77	6,77	15,44
Asub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	109,77	15,44	32,44
Asub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	40,44	70,77	140,77
Resíduo (b)	20	82,07	95,95	89,66
C.V.% (a)		8,76	10,90	10,13
C.V.% (b)		7,88	6,82	5,45

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 11 - Equações de regressão para o diâmetro da base da copa (cm) do cafeeiro em função dos espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data de observação	Idade das plantas (meses)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
25.09.87	31,3	$\hat{Y}(\text{f. rua}) = \bar{Y} = 116,00$	
25.09.87	31,3	$\hat{Y}(\text{f. fileira}) = 127,90 - 15,00^{**}.E^{1/}$	0,99
26.09.88	43,5	$\hat{Y}(\text{f. rua}) = \bar{Y} = 142,87$	
26.09.88	43,5	$\hat{Y}(\text{f. fileira}) = 170,79 - 25,40^{**}.E$	0,99
25.09.89	55,7	$\hat{Y}(\text{f. rua}) = \bar{Y} = 170,77$	
25.09.89	55,7	$\hat{Y}(\text{f. fileira}) = 204,93 - 28,00^{**}.E$	0,98

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Espaçamento em metros.

O desdobramento do efeito da adubação dentro do espaçamento de 2,25 x 1,00 m revelou resposta linear, a 1% de probabilidade, apenas aos 31,3 meses de idade das plantas, comportamento não consistente com as demais observações, sendo, portanto, relevado.

A taxa média de crescimento da copa, para os cinco espaçamentos ao longo do tempo (Quadros 8 e 9; Figura 2), foi de 3,67 cm mês<sup>-1</sup> nos

primeiros 31,3 meses de vida do cafeeiro. No período de setembro/setembro de 1987/88 o crescimento ocorreu à taxa de 2,35 cm mês<sup>-1</sup>, estatisticamente igual à taxa de 2,47 cm mês<sup>-1</sup> do mesmo período de 1988/89 (Quadro 9). Em síntese, o crescimento iniciou-se lentamente no início da primavera, atingiu as maiores taxas em outubro/abril de 1987/88 (3,34 cm mês<sup>-1</sup>) e novembro/março de 1988/89 (3,21 cm mês<sup>-1</sup>), tornando-se extremamente baixo (0,29 cm mês<sup>-1</sup>) ou nulo no período de abril a setembro deste ano (Quadro 9 e Figura 2.). Foi observada maior taxa de crescimento na primavera/verão de 1988/89 (4,54 cm mês<sup>-1</sup>) que no mesmo período em 1987/88 (3,17 cm mês<sup>-1</sup>). Mas como a taxa do outono/inverno de 1988 foi maior (1,58 cm mês<sup>-1</sup>) que a do mesmo período de 1989 (0,56 cm mês<sup>-1</sup>), as taxas anuais não diferiram entre si.

A diferença nas taxas de crescimento do diâmetro da copa entre a primavera/verão de 1987/88 e o mesmo período de 1988/89 foi provavelmente conseqüência da grande produção por planta, colhida em 1987 (Quadro 4), a qual aparentemente afetou o desenvolvimento geral das plantas em 1988 e até mesmo em 1989. Este desenvolvimento não pode, entretanto, ser explicado pelas diferenças de temperatura, seja a máxima ou a mínima, que tenham prevalecido no período (Quadro 2). Muito pelo contrário, a temperatura mínima de 1988 poderia até ter favorecido o crescimento do diâmetro da copa. Novamente chama a atenção o fato de que a taxa do outono/inverno de 1988 (0,97 cm mês<sup>-1</sup>) seja maior que a do outono/inverno de 1989. Mas as possíveis razões são as mesmas já apresentadas (4.1.3) para a altura da planta, isto é, conseqüência do longo intervalo entre as amostragens em 1988, a carga pendente e as temperaturas média e mínima de maio mais elevadas em 1988 (Quadro 2).



#### 4.2.3. Diâmetro da base do caule

O crescimento do diâmetro da base do caule (Quadro 12; Figura 3) foi afetado linear e negativamente pelo adensamento das plantas dentro da fileira (Quadros 13 e 14), efeito já observado aos 31,3 meses de idade e que se manteve até o final das observações, aos 55,7 meses, semelhantemente ao observado por NJOROGE et al. (1992). O adensamento das ruas também influenciou negativamente o diâmetro do caule, mas somente a partir dos 43,5 meses de idade (Quadros 13 e 14), indicando que esse fator somente começa a interferir após maior desenvolvimento da cultura. Sabe-se que o adensamento, tanto na fileira como na rua, influencia o tamanho e a estrutura geral do sistema

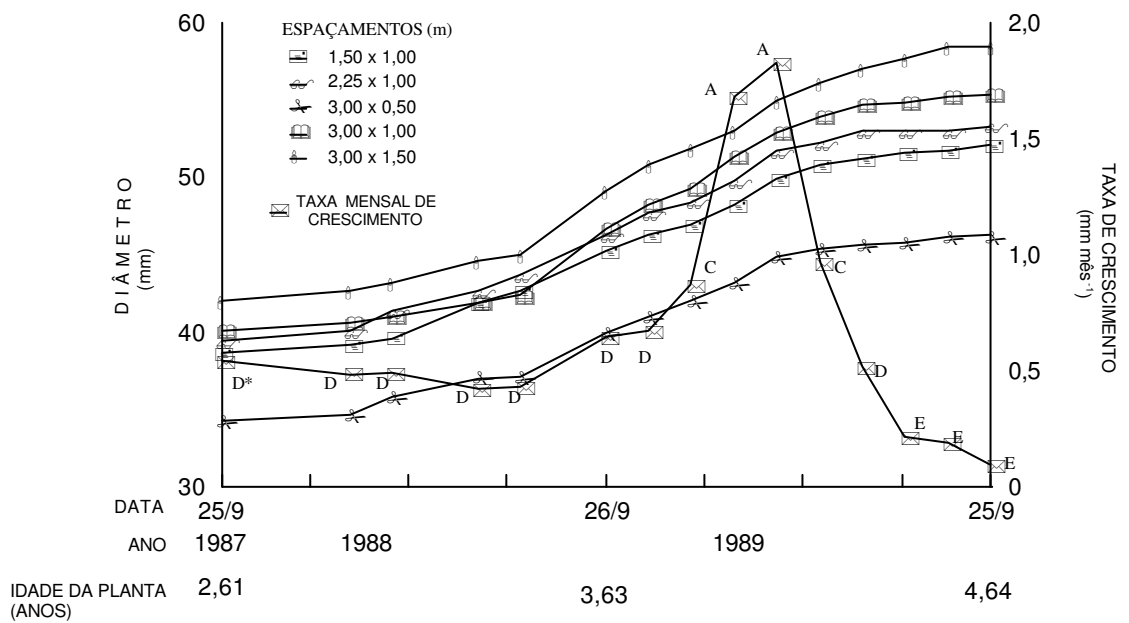
Quadro 12 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do diâmetro da base do caule do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987				1988					1989						
	Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07
Idade da planta (meses)	30,00	31,30	32,33	33,97	37,27	38,43	43,53	45,63	46,67	47,50	48,43	49,37	50,53	51,47	53,57	55,67
Diâmetro do caule (mm) <sup>1/</sup>	38,18	38,86	39,40	40,20	41,58	42,14	45,44	46,80	47,66	49,06	50,82	51,66	52,28	52,54	52,88	53,06
Taxa de crescimento (mm mês <sup>-1</sup> )	1,27 <sup>2/</sup> B*	0,54 D	0,48 D	0,49 D	0,42 D	0,43 D	0,65 D	0,67 D	0,87 C	1,68 A	1,82 A	0,96 C	0,51 D	0,21 E	0,19E	0,10 E
		1,24 <sup>2/</sup> B			0,38 E		0,62 D				1,07 D					0,22 E
		1,24 <sup>2/</sup> B					0,54 D									0,63 D

<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à idade da planta. Demais taxas foram calculadas em relação às datas anteriores.

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.



\* Os pontos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 3- Diâmetro da base do caule e sua taxa de crescimento, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 13 - Análise de variância do diâmetro da base do caule dos cafeeiros em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idades das plantas

Data da observação		25.09.87	26.09.88	25.09.89
Idade das plantas (meses)		31,3	43,5	55,7
F.V.	GL	QM	QM	QM
BLOCO	2	1,75	2,48	1,35
(R vs F)	(1)	4,74	9,79	0,90
RUA				
Linear	1	4,89	8,00**	47,50**
Quad.	1	0,96	2,29	0,12
FILEIRA				
Linear	1	312,50**	382,72**	672,22**
Quad.	1	15,57*	28,16*	54,00**
Resíduo (a)	8	1,53	0,76	1,01
Adub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	0,33	0,44	0,77
Adub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	0,44	1,00	1,00
Adub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	1,33	0,11	0,44
Adub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	1,44	5,33	14,33
Adub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	3,00	1,77	0,77
Resíduo (b)	20	1,57	3,74	2,65
C.V.% (a)		3,18	1,93	1,90
C.V.% (b)		3,23	4,26	3,07

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

radicular (CASSIDY e KUMAR, 1984) e que o crescimento do diâmetro é muito influenciado pelo desenvolvimento das raízes (GUISCAFRÉ e GÓMEZ, 1938). O bom desenvolvimento do diâmetro da base do caule é boa característica morfológica externa do cafeeiro saudável.

Quadro 14 - Equações de regressão para o diâmetro da base do caule (mm) do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data de observação	Idade das plantas (meses)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
25.09.87	31,3	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. rua) = $\bar{Y} = 39,33$	
25.09.87	31,3	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. fileira) = $31,08 + 7,70^{**}.E^{\perp/}$	0,93
26.09.88	43,5	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. rua) = $43,82 + 1,00^{**}.E$	0,94
26.09.88	43,5	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. fileira) = $36,03 + 9,20^{**}.E$	0,93
25.09.89	55,7	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. rua) = $48,77 + 2,13^{**}.E$	0,98
25.09.89	55,7	$\bar{Y}^{\hat{c}}$ (f. fileira) = $41,10 + 12,20^{**}.E$	0,95

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>⊥/</sup> Espaçamento em metros.

Pelos valores dos coeficientes lineares das equações de regressão do diâmetro do caule em função dos espaçamentos de rua e entre plantas na fileira (Quadro 14), observa-se que os efeitos tornam-se mais acentuados à medida que as plantas envelhecem. É também evidente, pelas declividades das retas, que o efeito do fator espaçamento de plantas na fileira foi muito mais intenso que o efeito do fator espaçamento da rua.

Do plantio aos 31,3 meses de idade, o diâmetro da base do caule cresceu, em média,  $1,24 \text{ mm mês}^{-1}$  (Quadro 12). De setembro de 1987 a setembro de 1988 a média mensal foi de  $0,54 \text{ mm mês}^{-1}$  e no ano subsequente (1988/89), de  $0,63 \text{ mm mês}^{-1}$ , as quais não diferiram estatisticamente entre si (Quadro 12). A grande diferença entre a taxa de crescimento aos 31,3 meses de idade e as taxas dos períodos de setembro/setembro de 1987/88 e 1988/89 pode ser atribuída, primeiramente, à fase juvenil da planta e, depois, à ausência de frutificação até aos 24 meses de vida. Nesse período inicial da cultura, toda a produção de fotoassimilados da planta era canalizada para o crescimento vegetativo. Mas com a primeira produção em 1987 de  $1.151 \text{ g}$  de café beneficiado, em média, por planta (Quadro 4), pode ter ocorrido esgotamento tão severo das reservas nutritivas (RENA et al., 1983; CARVALHO et al., 1993) que, associada à intensa desfolha, afetou não só o crescimento do diâmetro do caule mas também todos os outros componentes do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, em 1987/88. A recuperação plena do crescimento vegetativo só se deu em 1988/89, o mesmo não acontecendo com o desenvolvimento reprodutivo.

A taxa média do crescimento do diâmetro do caule (Quadro 12) no período primavera/verão de 1987/88 ( $0,38 \text{ mm mês}^{-1}$ ) foi significativamente inferior à do mesmo período de 1988/89

(1,07 mm mês<sup>-1</sup>), confirmando o efeito da produção de 1987 (Quadro 4) sobre esse componente do desenvolvimento. Semelhantemente ao que se passou com a altura e o diâmetro da copa, a taxa de crescimento do diâmetro do caule no outono/inverno de 1988 (0,62 mm mês<sup>-1</sup>) foi significativamente maior que a taxa do mesmo período em 1989 (0,22 mm mês<sup>-1</sup>). A explicação mais provável é a mesma, ou seja, o grande intervalo entre as determinações no inverno de 1988. Por essa razão, as taxas médias mensais do crescimento do diâmetro da base do caule entre os anos de 1988 e 1989 não deferiram entre si (Quadro 12).

A recuperação da taxa de crescimento após o outono/inverno de 1988 foi possivelmente, pela melhoria da situação nutricional orgânica e inorgânica das plantas e pela baixa carga pendente relativa à safra 88/89 (Quadro 4). No período subsequente, primavera/verão de 1988/89, houve plena recuperação da taxa de crescimento do diâmetro do caule, primeiramente pelo já mencionado restabelecimento das condições nutricionais e, também, pelas condições climáticas favoráveis ao crescimento, no verão de 1988, principalmente de temperaturas mais amenas (Quadro 2).

A análise das taxas de crescimento do diâmetro da base do caule do cafeeiro ao longo do outono/inverno de 1989 (Quadro 12) indica que, ao contrário dos outros componentes vegetativos, cujas taxas foram iguais a zero ou mesmo negativas no mesmo período, elas foram baixas, mas definitivamente acima de zero. Neste particular, esse componente provavelmente acompanha o ritmo de crescimento radicular (GUISCAFRE e GÓMEZ, 1938). Esse resultado difere do que tem sido mencionado na literatura (MAESTRI e BARROS, 1977).

#### *4.2.4. Correlações entre altura, diâmetros da base da copa e do caule e a produtividade do cafeeiro*

Em três datas consecutivas de crescimento (25.09.1987, 25.09.1988 e 25.09.1989), a variação em altura das plantas esteve positivamente correlacionada com o diâmetro da base da copa e negativamente com o diâmetro da base do caule e a produção por planta (Quadro 15). Assim, à medida que aumentou o adensamento das plantas na fileira, ocorreram maiores crescimentos em altura e em diâmetro da base da copa e menores em diâmetro da base do caule (Quadros 7, 11 e 14), indicando haver competição entre os primeiros e o último. A natureza dessa competição é basicamente pela partição de carboidratos (fotoassimilados), tanto como fonte de energia como de material plástico (esqueletos carbonados). Aparentemente há coordenação entre a atividade desses drenos, liderada pelo mais forte, que é o desenvolvimento dos frutos, seguida pela altura e pelo diâmetro da copa, com igual força, e, finalmente, pelo diâmetro do caule (CANNELL, 1971a, 1976, 1985; MAESTRI e BARROS, 1977).

Quadro 15 - Valores dos coeficientes de correlação linear entre componentes do desenvolvimento vegetativo e produtividade do cafeeiro ( $\text{g planta}^{-1}$  de café limpo) em três datas do período de desenvolvimento da cultura

Data	Componentes	Diâmetro da base da copa	Diâmetro da base do caule	Produtividade $\text{g planta}^{-1}$ de café limpo
25.09.87	Altura da planta	0,97**	-0,99**	-0,93**
	Diâmetro da base da copa	-	-0,99**	-0,99**
	Diâmetro do base do caule	-	-	0,97**
25.09.88	Altura da planta	0,95**	-1,00**	-0,17
	Diâmetro da base da copa	-	-0,93**	-0,46
	Diâmetro da base do caule	-	-	0,11
25.09.89	Altura da planta	1,00**	-1,00**	-0,94**



Diâmetro da base da copa	-	-0,99**	-0,91**
Diâmetro da base do caule	-	-	0,96**

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade. pelo teste t.

Num ano de grande produção por planta, todos os componentes do desenvolvimento vegetativo ficam igualmente afetados, pois as reservas de carboidratos e aquelas produzidas pela fotossíntese corrente são, preferencialmente, canalizadas para o desenvolvimento das flores e dos frutos (CANNELL, 1971a, 1976 e 1985). No ano de baixa carga, estabelece-se a competição por fotoassimilados entre os três componentes vegetativos em função, agora, do espaçamento (Figuras 1, 2 e 3), por exemplo, quanto menor a distância entre plantas maior a altura da planta (Quadros 6 e 7; Figura 1) e maior o diâmetro da copa (Quadros 10 e 11; Figura 2). Assim, sobram menos carboidratos para o crescimento do diâmetro do caule (Quadros 13 e 14; Figura 3).

No caso da altura do caule, o adensamento tanto da rua como na fileria promove desequilíbrio hormonal entre auxinas, giberelinas e citocininas, estimulando o crescimento do meristema apical (TAIZ e ZIEGER, 1991; MOHR e SCHOPFER, 1995). No caso do diâmetro da copa, o adensamento na fileira reduz o crescimento dos ramos plagiotrópicos na interface entreplantas, estimulando uma espécie de crescimento compensatório, no sentido da rua (CASSIDY e KUMAR, 1984).

#### 4.2.5. Número de ramos plagiotrópicos primários

O número de ramos plagiotrópicos primários (Quadros 8 e 16; Figura 4) não foi influenciado pelo espaçamento das ruas em qualquer das épocas estudadas (Quadro 17). O espaçamento entre plantas na fileira somente influenciou o número de ramos de forma linear e negativamente, aos 31,3 meses de idade, descrito pela equação de regressão (Quadro 18). Como este comportamento não persistiu com o desenvolvimento dos cafeeiros, considerou-se que essa não é característica que sofra influência representativa dos espaçamentos estudados, resultados semelhantes aos de NJOROGE et al. (1992). Entretanto, como o crescimento da haste ortotrópica primária foi profundamente modificado pelo espaçamento na rua e na fileria (Quadros 5 e 6), e como isso não se ocorreu com o número de ramos plagiotrópicos primários, atribui-se que a altura da planta foi basicamente determinada pelo alongamento do entrenó e não pela diferenciação de novos ramos plagiotrópicos.

Aos 31,3 meses de idade da planta o desdobramento do efeito das adubações no espaçamento de 1,50 x 1,00 m apresentou resposta linear a 10% de probabilidade e resposta quadrática também a nível de 10% de probabilidade no espaçamento de 3,00 x 1,00 m aos 43,5 meses de idade da planta, efeitos estes não revelados nas demais idades e espaçamentos, que, por isso, também são relevados nesta discussão.

Quadro 16 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987					1988					1989					
	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Idade da planta (meses )	30,00	31,30	32,33	33,97	37,27	38,43	43,53	45,63	46,67	47,50	48,43	49,37	50,53	51,47	53,57	55,67
Nº de ramos <sup>1/</sup>	55,90	58,40	61,40	65,50	72,20	73,70	74,80	79,00	81,20	83,10	85,50	87,40	88,80	88,80	88,80	88,80
Taxa de crescimento (ramos mês <sup>-1</sup> )	1,86 <sup>2/</sup> B*	1,92 B	2,90 A	2,50 A	2,03 B	1,29 C	0,22 D	2,00 B	2,13 B	2,28 B	2,43 B	2,04 B	1,20 C	0,00 E	0,00 E	0,00 E
		1,87 <sup>2/</sup> B			2,31 B		0,42 D					2,16 B				0,22 D
		1,87 <sup>2/</sup> B					1,34 C									1,15 C

<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à idade da planta. Demais taxas foram calculadas em relação às datas anteriores.

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.

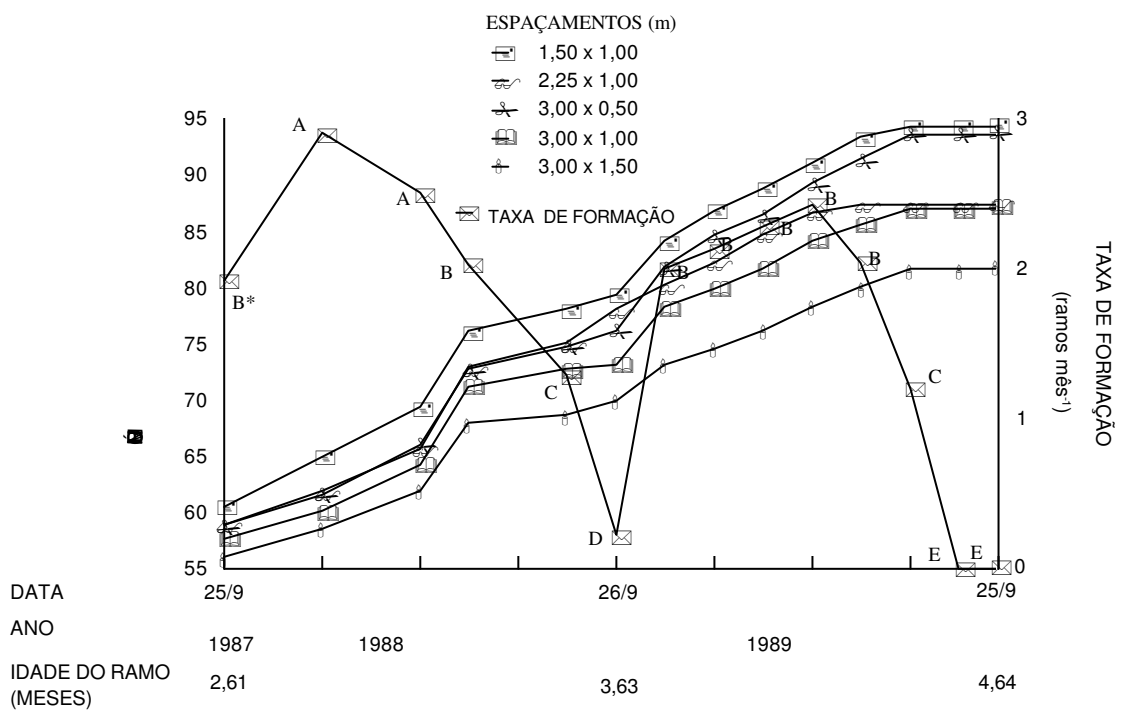


Figura 4 - Número e taxa de formação de ramos plagiotrópicos primários, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 17 - Análise de variância do número de ramos plagiotrópicos primários em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas

Data da observação		25.09.87	26.09.88	25.09.89
Idade das plantas (meses)		31,3	43,5	55,7
F.V.	GL	QM	QM	QM
BLOCO	2	6,46	68,0222	23,08
(R vs F)	(1)	3,89	1,78	37,90
RUA				
Linear	1	8,89	158,79	197,16
Quad.	1	3,84	31,50	112,38
FILEIRA				
Linear	1	46,72*	174,22	648,00
Quad.	1	1,50	0,00	2,66
Resíduo (a)	8	8,48	68,75	160,88
Adub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	7,00	14,11	0,33
Adub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	4,00	14,33	76,44
Adub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	2,77	14,11	3,44
Adub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	2,11	24,11	61,44
Adub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	2,33	21,33	49,77
Resíduo (b)	20	4,35	15,37	46,58
C.V.% (a)		5,21	11,09	14,28
C.V.% (b)		3,73	5,24	7,69

\* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 18 - Equações de regressão para o número de ramos plagiotrópicos primários do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data da observação	Idade das plantas (meses)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
25.09.87	31,3	$\hat{Y}^c$ (f. rua) = $\bar{Y}$ = 59,10	
25.09.87	31,3	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 60,30 - 2,80** .E <sup>1/</sup>	0,98
26.09.88	43,5	$\hat{Y}^c$ (f. rua) = $\bar{Y}$ = 75,83	
26.09.88	43,5	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = $\bar{Y}$ = 73,10	
25.09.89	55,7	$\hat{Y}^c$ (f. rua) = $\bar{Y}$ = 89,53	
25.09.89	55,7	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = $\bar{Y}$ = 87,37	

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Espaçamento em metros.

As taxas médias mensais de formação de ramos plagiotrópicos (Quadro16; Figura 4) indicam recuperação do crescimento a partir de setembro, tanto em 1988 como em 1989, atingindo os valores mais elevados de outubro a março, declinando em seguida e alcançando os valores mais baixos entre abril e setembro. Na verdade, neste período, em 1988, as taxas deveriam ter sido zero, como ocorreu em 1989, mas não foram captadas porque as determinações não foram tão freqüentes, como já se argumentou anteriormente.

Em média, do plantio aos 31,3 meses, a taxa de crescimento foi de 1,87 ramos mês<sup>-1</sup>, dos 31,3 aos 43,5 meses, de 1,34 ramos mês<sup>-1</sup> e dos 43,5 aos 55,7 meses, de 1,15 ramos mês<sup>-1</sup> (Quadro 16). Os dados indicam, claramente, tendência decrescente com a idade, fato semelhante ao já comentado com respeito aos outros componentes do crescimento vegetativo, separação clara entre as fases juvenil e reprodutiva do cafeeiro.

No período de 1987/88, as maiores taxas de crescimento deram-se entre setembro/dezembro de 1987 (Quadro 16), mas no período de 1988/89 ocorreram entre novembro/março, à semelhança do que ocorreu com a altura e o diâmetro da copa (Quadros 5 e 9), e não com o diâmetro do caule (Quadro 12).

Pelas comparações estabelecidas entre as diversas épocas de crescimento, dentro de um dado ano e entre anos (Quadro 16), observa-se que não houve diferenças entre as taxas da primavera/verão de 1987/88 e de 1988/89 (1,34 e 1,15 ramos mês<sup>-1</sup>, respectivamente). O mesmo aconteceu no período de repouso, outono/inverno de 1988 e 1989. No entanto, as diferenças de crescimento foram marcantes entre os períodos primavera/verão e outono/inverno, de 1987 a 1989, caracterizando as épocas de elevada atividade metabólica e de repouso.

#### *4.2.6. Número de nós do ramo plagiotrópico primário*

Este componente foi medido em ramos novos de 12 meses, quando a planta já havia completado 30 meses de idade (Quadros 8 e 19; Figura 5). Assim, esses ramos formaram-se e cresceram no período de 1986/87 e, à época da primeira determinação, não haviam ainda frutificado. Pela análise de variância aos 13,30; 25,50; e 37,70 meses de idade, não se constatou qualquer influência dos espaçamentos entre



fileiras e entre plantas na fileira sobre o número de nós do ramo plagiotrópico primário (Quadros 20 e 21).

Apenas no espaçamento de 1,50 x 1,00 m, aos 13,3 meses de idade do ramo, e no espaçamento de 3,00 x 1,50 m, aos 37,7 meses, e foram constatadas respostas quadráticas às doses de adubo ( $F = 10\%$ ), mas, por inconsistência com as demais observações, desconsidera-se. Dessa forma, considera-se que o número de nós do ramo plagiotrópico primário não sofreu influência das doses de adubo aplicadas (Quadro 20).

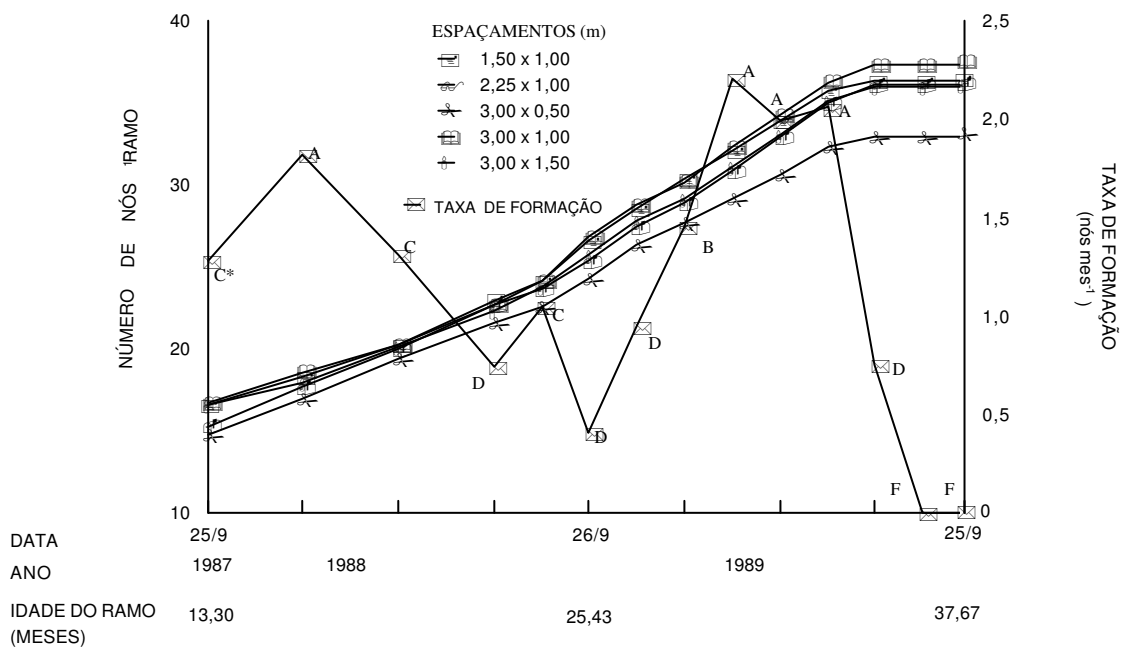
Quadro 19 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de nós do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987					1988					1989					
	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Idade do ramo (meses)	12,00	13,30	14,33	15,97	19,27	20,43	25,53	27,63	28,67	29,50	30,43	31,37	32,53	33,47	35,57	37,67
Nº de nós ramo <sup>-1</sup> <sup>1/</sup>	14,34	16,00	17,88	20,02	22,46	23,68	25,78	27,78	29,28	31,12	32,98	34,90	35,78	35,78	35,78	35,78
Taxa de crescimento	1,19 <sup>2/</sup> C*	1,28 C	1,82 A	1,31 C	0,74 D	1,05	0,41 D	0,95 D	1,45	2,21 A	1,99 A	2,06 A	0,75 D	0,00 F	0,00 F	0,00 F
						C			B							
(nós mês <sup>-1</sup> )		1,20 <sup>2/</sup> C			1,08 C		0,53 D					1,56 B				0,14 E
		1,20 <sup>2/</sup> C					0,80 D									0,82 D

<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à idade do ramo. As demais taxas foram calculadas em relação às datas anteriores.

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.



\* Os pontos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 5 - Número e taxa de formação de nós do ramo plagiotrópico primário, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 20 - Análise de variância do número de nós do ramo plagiotrópico primário em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 43,5; e 55,7 meses de idade das plantas ou aos 13,3; 25,3; e 37,7 meses de idade do ramo

Data da observação		25.09.87	26.09.88	25.09.89
Idade dos ramos (meses)		13,3	25,3	37,7
F.V.	GL	QM	QM	QM
BLOCO	2	65,86	3,62	4,200
(R vs F)	(1)	1,85	8,51	40,55
RUA				
Linear	1	0,06	3,82	0,02
Quad.	1	1,34	5,36	8,64
FILEIRA				
Linear	1	6,72	9,38	40,49
Quad.	1	2,24	13,50	22,68
Resíduo (a)	8	2,37	7,26	7,99
Adub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	3,00	0,77	0,44
Adub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	0,44	1,44	3,44
Adub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	0,33	0,33	2,33
Adub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	0,11	1,44	2,11
Adub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	0,44	5,44	12,00
Resíduo (b)	20	1,39	3,76	5,21
C.V.% (a)		9,03	8,46	6,84
C.V.% (b)		7,39	7,53	6,38

Quadro 21 - Equações de regressão para o número de nós do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data de observação	Idade dos ramos (meses)	Equações de regressão
25.09.87	13,3	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 16,20$
25.09.87	13,3	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 16,00$
26.09.88	25,5	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 26,27$
26.09.88	25,5	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 25,57$
25.09.89	37,7	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 36,63$
25.09.89	37,7	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 35,13$

Nos primeiros 12 meses de idade do ramo constatou-se o crescimento de 14,30 nós, o que representa taxa de 1,19 nós mês<sup>-1</sup> (Quadro 19). No ano seguinte, 1987/88, a taxa observada no período primavera/verão foi de 1,08 nós mês<sup>-1</sup>, contra 1,56 nós mês<sup>-1</sup> do mesmo período de 1988/89 (Quadro 19). A mais provável razão para essa diferença foi a elevadíssima carga de frutos na safra de 1986/87, comparada à baixa produção de 1987/88 (Quadro 4), a qual constituiu

dreno forte e preferencial de fotoassimilados, em detrimento do crescimento vegetativo (CANNEL, 1976; AMARAL, 1991; CARVALHO et al., 1993). No mais, a formação de nós em 1988/89 obedeceu ao padrão clássico (descrito nas seções anteriores). O crescimento foi lento e ascendente no início da primavera, alcançando máximos no período de janeiro/março, e decrescente a partir de março, sendo nulo durante o inverno (maio/setembro).

#### *4.2.7. Número de folhas de ramo plagiotrópico primário*

O enfolhamento do ramo plagiotrópico primário (Quadros 8 e 22; Figura 6) não foi influenciado por qualquer dos espaçamentos estudados, tanto na rua como na fileira (Quadros 23 e 24), no período de 1987/89, indicando que os tratos fitossanitários tenham sido igualmente eficientes ou que as pragas e doenças tenham afetado igualmente todas as densidades.

Da mesma forma, não se verificou efeitos das diferentes doses de adubo sobre o número de nós. Contudo, registra-se que o desdobramento do efeito das doses, aos 19,3 meses de idade das plantas, nos espaçamentos de 2,25 x 1,00 m e 3,00 x 0,50 m apresentou tendência linear, a 5% de probabilidade, e resposta quadrática, a 10% de probabilidade, para o espaçamento de 3,00 x 1,50 m, aos 37,7 meses de idade dos ramos. Tais efeitos, por inconsistência com as demais observações, também são relevados.

No início do primeiro período de crescimento em estudo (17.08.1987), os ramos apresentavam desfolha de 80% (Quadro 25), provavelmente conseqüência das elevadas produções da safra de 1986/87 (Quadro 4). Acompanhando a formação de nós, o

enfolhamento deu-se à taxa inicial de 1,50 folhas mês<sup>-1</sup>, em agosto/setembro de 1987, alcançando o maior valor (3,87 folhas mês<sup>-1</sup>), em setembro/outubro (Quadro 22). Daí em diante, a taxa decresceu, tornando-se negativa entre março e setembro de 1988.

No período da primavera/verão (setembro/março) de 1987/88 a taxa média de enfolhamento foi de 2,13 folhas mês<sup>-1</sup> (Quadro 22) e de -2,09 folhas mês<sup>-1</sup> no período seguinte, ou seja, no outono/inverno (20.03 a 26.09.1988). Dessa forma, os ramos apresentavam desfolha de 79% até 26.09.1988, quando se iniciou o novo período de enfolhamento (26.09.1988 a 20.03.1989). As taxas médias foram idênticas



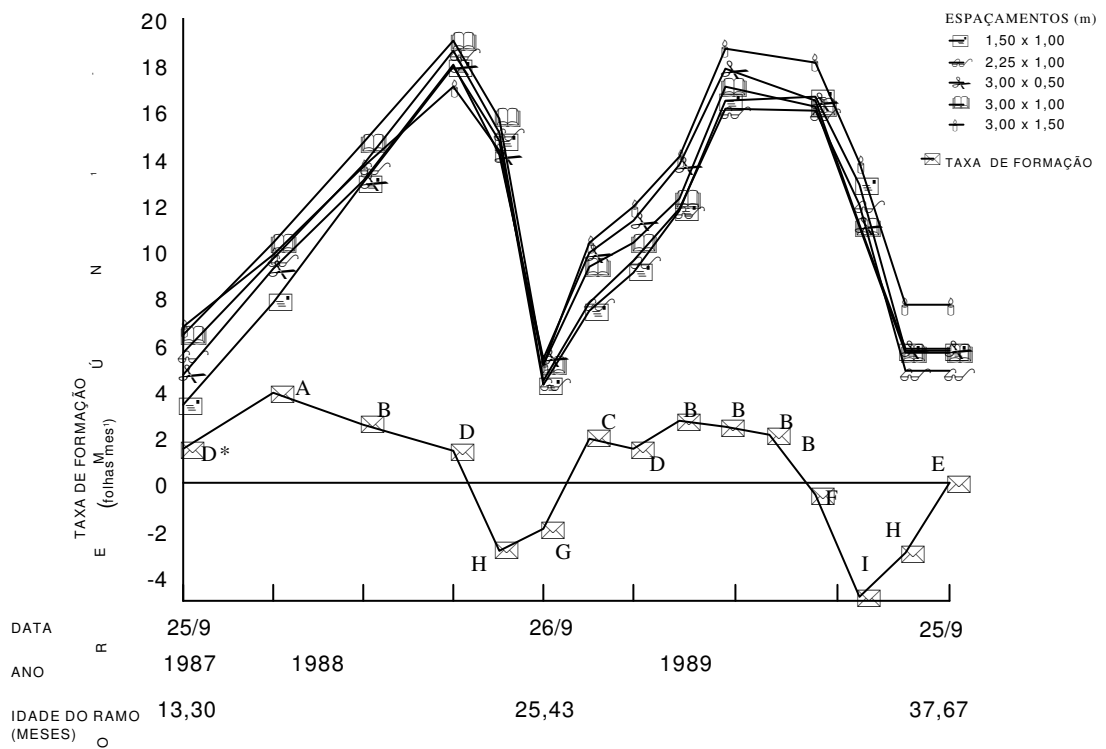
Quadro 22 - Médias dos valores absolutos e das taxas mensais de crescimento do número de folhas do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro 'Catuaí', em função da idade das plantas e da época do ano, no período de 1987 a 1989

	1987					1988					1989					
	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Data da medição	17.08	25.09	26.10	14.12	22.03	26.04	26.09	28.11	29.12	23.01	20.02	20.03	24.04	22.05	24.07	25.09
Idade do ramo (meses)	12,00	13,30	14,33	15,97	19,27	20,43	25,53	27,63	28,67	29,50	30,43	31,37	32,53	33,47	35,57	37,67
Nº de folhas do ramo <sup>1/</sup>	3,4	5,4	9,4	13,6	18,1	14,8	4,9	8,9	10,4	12,7	14,9	17,2	16,4	12,1	5,9	5,9
Taxa de crescimento	-	1,49 <sup>2/</sup>	3,87A	2,57B	1,38D	-2,85H	-1,95G	1,95C	1,45D	2,69B	2,36B	2,46B	-0,46F	-4,84I	-2,96H	0,00E
		D														
(folhas mês <sup>-1</sup> )		1,49 D			2,13C		-2,09G					2,09C				-1,78G
		1,49 D					-0,04E									0,09E

<sup>1/</sup> Média dos cinco espaçamentos estudados.

<sup>2/</sup> Taxas mensais calculadas em relação à data anterior

\* Medidas seguidas da mesma letra não diferem, estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste SCOTT-KNOTT.



\*Os pontos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 6 - Número e taxa de formação de folhas do ramo plagiotrópico primário, do cafeeiro 'Catuaí', no período de 1987 a 1989, em função de cinco espaçamentos.

Quadro 23 - Análise de variância do número de folhas do ramo plagiotrópico primário em função de três espaçamentos de rua e três espaçamentos entre plantas na fileira, sob três níveis de adubação, aos 31,3; 37,3; 43,5; 49,4; e 55,7 meses de idade das plantas ou aos 13,3; 19,3; 25,4; 31,4; e 37,7 meses de idade do ramo

Data da observação		25.09.87	22.03.88	26.09.88	20.03.89	25.09.89
Idade dos ramos (meses)		13,3	19,3	25,4	31,4	37,7
F.V.	GL	QM	QM	QM	QM	QM
BLOCO	2	65,86	10,55	3,62	5,42	75,75
(R vs F)	(1)	0,54	3,37	5,41	28,79	13,50
RUA						
Linear	1	0,06	5,12	3,82	1,39	0,02
Quad.	1	1,34	0,50	5,36	6,67	4,19
FILEIRA						
Linear	1	6,72	4,50	9,38	34,72	16,05
Quad.	1	2,24	13,50	13,50	25,35	12,82
Resíduo (a)	8	2,03	3,27	7,37	9,11	8,95
Adub./Esp. (1,50 x 1,00 m)	2	3,00	0,77	0,77	1,00	3,00
Adub./Esp. (2,25 x 1,00 m)	2	0,44	4,77	1,44	4,33	4,11
Adub./Esp. (3,00 x 0,50 m)	2	0,33	5,33	0,33	2,33	0,11
Adub./Esp. (3,00 x 1,00 m)	2	0,11	1,33	1,44	1,77	1,44
Adub./Esp. (3,00 x 1,50 m)	2	0,44	3,00	5,44	12,11	8,99
Resíduo (b)	20	1,53	1,85	3,72	4,97	4,83
C.V.% (a)		26,41	9,99	56,10	17,55	50,71
C.V.% (b)		22,93	7,53	39,86	12,97	37,26

Quadro 24 - Equações de regressão para o número de folhas do ramo plagiotrópico primário do cafeeiro em função de espaçamentos de rua e entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1989

Data de observação	Idade dos ramos (meses)	Equações de regressão
25.09.87	13,3	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 5,13$
25.09.87	13,3	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 5,93$
22.03.88	19,3	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 18,50$
22.03.88	19,3	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 18,00$
26.09.89	25,5	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 4,57$
26.09.89	25,5	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 5,20$
20.03.89	31,4	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 16,50$
20.03.89	31,4	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 17,83$
15.09.89	37,7	$\hat{Y}^{\text{r}} \text{ (f. rua)} = \bar{Y} = 5,37$
15.09.89	37,7	$\hat{Y}^{\text{f}} \text{ (f. fileira)} = \bar{Y} = 6,37$

Quadro 25 - Graus de enfolhamento do ramo plagiotrópico primário em função da época do ano

Variáveis	Datas					
	08/86	08/87	03/88	09/88	03/89	09/89
Número médio de nós surgidos entre datas	0,0	14,3	8,2	11,5 <sup>2/</sup>	9,1	10,0 <sup>3/</sup>
Número médio de folhas surgidas entre datas	0,0	28,6	16,4	23,0 <sup>2/</sup>	18,2	20,0 <sup>3/</sup>
Número médio de folhas presentes nas datas	0,0	3,4	18,1 <sup>4/</sup>	4,9	17,2	5,9
% de enfolhamento <sup>1/</sup>	0,0	12,0	110,0 <sup>4/</sup>	21,0	95,0	30,0
% de desfolha na data <sup>1/</sup>	0,0	88,0	0,0	79,0	5,0	70,0

<sup>1/</sup> Calculado em relação ao crescimento de nós no período (Quadro 19).

<sup>2/</sup> Medida realizada entre 08.1987 e 09.1988.

<sup>3/</sup> Medida realizada entre 09.1988 e 09.1989.

<sup>4/</sup> Contém folhas remanescentes do período anterior do crescimento.

às do ano anterior (Quadro 25); entretanto, a taxa máxima (2,69 folhas mês<sup>-1</sup>) ocorreu em janeiro de 1989. A partir de 20.03.1989 iniciou-se o novo processo de desfolha, cuja taxa média, até 25.09.1989, foi de -1,78 folhas mês<sup>-1</sup>, valor semelhante ao do ano anterior (Quadro 25). Ao término deste período a desfolha era de 70% .

### 4.3. Desenvolvimento reprodutivo

#### 4.3.1. Estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário de primeira floração

As estruturas reprodutivas formadas nos ramos plagiotrópicos primários de primeira produção, já que as avaliações foram realizadas anualmente em ramos novos, nas safras de 1987/89, são apresentadas sob a forma de valores absolutos (Quadro 26) e percentuais (Quadro 27).

Em 1987, a emissão de glomérulos de botões verdes nas axilas foliares dos nós maduros (SONDAHL e SHARP, 1979; BARROS et al., 1995), formados na estação de crescimento anterior (setembro/abril de 1986/87), iniciou-se em 17.08.1987, manteve ritmo lento até 03.09 e intensificou-se até 14.09, passando por máximo de diferenciação de gemas floríferas próximo de 11/09 (Quadro 27). Assim, o período de botões verdes durou, aproximadamente, 30 dias, após longo período de baixa precipitação pluvial (Quadro 2). Outra ocorrência climatológica, que persistiu durante os momentos mais intensos de desenvolvimento dos botões verdes, foi a queda das temperaturas noturnas mínimas (Quadro 28), sem que esse evento, aparentemente, tenha apresentado relação com a formação desses glomérulos de botões verdes de aproximadamente 5 mm como foi observado por SONDAHL e SHARP (1979), CLOWES e ALLISON (1982) e RENA et al. (1994).

Quadro 26 - Estruturas reprodutivas observadas no ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', sob diferentes espaçamentos na rua, no período de 1987 a 1989

Espaça- mento (m)	Estrutura reprodutiva	Datas/ Dias *	17.8.1987	03.09	11.09	14.09	25.09	09.10	27.10	09.11	14.01.1988	22.03	26.04	27.06	
			0	17	25	28	39	53	71	84		218	253	315	
Número de estruturas observadas por ramo**															
1,50	Botão verde		2	10	53	17	0	1	0	0	-	-	-	-	
x	Botão branco		1	0	0	28	71	0	0	0	-	-	-	-	
1.00	Chumbinho		0	1	1	2	36	88	82	77	-	-	-	-	
	Fruto verde		0	0	0	1	3	0	0	0	40	33	33	20	
2,25	Botão verde		2	5	31	10	11	0	0	0	-	-	-	-	
x	Botão branco		2	0	0	6	39	6	6	0	-	-	-	-	
1.00	Chumbinho		0	1	1	1	5	42	41	35	-	-	-	-	
	Fruto verde		0	0	0	0	1	0	0	0	20	16	16	9	
3.00	Botão verde		1	2	5	1	3	0	0	0	-	-	-	-	
x	Botão branco		0	0	0	2	5	2	12	0	-	-	-	-	
1.00	Chumbinho		0	0	1	1	3	6	7	16	-	-	-	-	
	Fruto verde		0	0	0	0	0	0	0	0	4	3,6	3,6	2	
		Datas/ Dias *								28.11.198	29.12	23.01.1989	20.02	24.04	22.05
										8	500	525	553	616	644
										469					
1,50 x	Chumbinho									18	11	8			
1,00	Fruto verde											6	13	10	
2,25 x	Chumbinho									21	17	15			
1,00	Fruto verde											14	15	7	
3,00 x	Chumbinho									22	18	16			
1,00	Fruto verde											13	15	8	



\* Número de dias após 17.08.1987.

\*\* Média de 24 ramos.

Quadro 27 - Evolução percentual das estruturas reprodutivas observadas no ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', sob diferentes espaçamentos na rua, no período de 1987 a 1989

Espaça- mento (m)	Estrutura Reprodutiva	Datas/ Dias*	17.8.198	03.09	11.09	14.09	25.09	09.10	27.10	09.11.1987	14.01.1988	22.03	26.04	27.06.198	
			7	17	25	28	39	53	71	84	150	218	253	8	
			0											315**	
Frequência relativa (%) ***															
1,50	Botão verde		4	19	100***	32	-	2							
x	Botão Branco		1	-	-	39	100	-							
1.00	Chumbinho		-	1	1	2	41	100	93	88					
	Fruto verde		-	-	-	3	8	-	-	-	100	82	82	50	
2,25	Botão verde		6	16	100	32	34	-	-	-	-	-	-	-	
x	Botão branco		5	-	-	15	100	15	15	-	-	-	-	-	
1.00	Chumbinho		-	2	2	2	12	100	98	83					
	Fruto Verde		-	-	-	-	5	-	-	-	100	80	80	45	
3.00	Botão verde		20	40	100	20	60	-	-	-	-				
x	Botão branco		-	-	-	17	42	17	100	-					
1.00	Chumbinho		-	-	6	6	19	38	44	100					
	Fruto Verde										100	90	90	50	
		Datas/ Dias*								28/11/88	29/12	23/01/89	20/0	24/04	22/05
										469	500	525	2	616	644**
													553		
1,50 x	Chumbinho									100	61	44			
1,00	Fruto Verde												46	100	77
2,25 x	Chumbinho									100	81	71			
1,00	Fruto Verde												93	100	47

3,00 x	Chumbinho	100	82	73			
1,00	Fruto Verde				87	100	53

\* Número de dias após 17.08.1987.

\*\* A redução observada com respeito à data anterior deve-se à transformação de “fruto verde” em “ cereja” e não à queda.

\*\*\* Atribuiu-se à observação de maior valor, dentro de cada espaçamento, o índice 100 e as demais foram calculadas em relação a ela.

Quadro 28 - Eventos climáticos ocorridos entre agosto e outubro de 1987, em Patrocínio (MG)

Evento			
Data ou período	Temperatura mínima (°C)	Evolução da temperatura	Precipitação pluvial (mm)
Agosto			
01 - 06	11 - 15,2		-
07	9,0	↓	6,2
08 - 10	8 - 10,3	↓	-
11 - 21	16,2 - 18	↑	-
22 - 26	13,3 - 15,3	↓	-
27 - 31	18,0 - 21	↑	-
Setembro			
01 - 08	16 - 19,2	↓	-
09	11,0	↓	2,8
10-18	12 - 17,0	↑	-
19 - 22	15 - 10,0	↓	10,0 (19/9)
19 - 22		↓	11,0 (20/9)
19 - 22		↓	2,0 (22/9)
23 - 26	17,6 - 20,0	↑	-
27 - 28	13,4 - 12,2	↓	21,2 (27/09)
29 - 30	19,2 - 20,0	↑	-
Outubro			
01	20,0		-
02	14,0	↓	14,2
03 - 05	15 - 20,0	↑	-
06 - 07	15 - 16,0	↓	-
08 - 14	20 - 22,2	↑	-
15	15,0	↓	-
16 - 19	19,4 - 18	↑	4,0 (19/10)
20 - 21	15,0 - 14,2	↓	-
22 - 31	12,0 - 16,3	↓	chuvas diárias

↓↑ - Queda ou elevação da temperatura em relação à observação anterior.

O fato mais marcante na diferenciação dos botões verdes, em Patrocínio, foi que se deu muito tardiamente, quando se considera a fenologia do cafeeiro no sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo) e mesmo no sul (Paraná) do Brasil (BARROS et al., 1978; RENA e MAESTRI, 1985, 1986; RENA et al., 1994). É possível que essa demora na diferenciação e no desenvolvimento dos botões verdes, em Patrocínio, esteja relacionada com as temperaturas mínimas que prevaleceram nos meses de maio a agosto, não se podendo, também, descartar o intenso déficit hídrico que se desenvolveu neste período (Quadro 2).

Outro aspecto que chama a atenção é o pequeno tempo de transição entre o término da diferenciação do botão verde e o início da formação de botões brancos (Quadros 26 e 27), indicação de que a dormência dos botões verdes foi quebrada por variações bruscas das condições ambientais.

A acentuada diferença no número de botões verdes, formados em 1987, entre os três espaçamentos das ruas (Quadro 26) não se deve diretamente aos espaçamentos em si, mas à produção da safra anterior (1986/87). Ainda assim, não podem ser descartadas as diferentes exposições à luz solar, as quais existiram entre os espaçamentos (CASTILLO e LOPEZ, 1966).

A transformação de botões verdes em brancos foi muito mais acentuada no espaçamento menor (1,50 m) e muito mais lenta no maior (3,00 m) (Quadros 26 e 27). A primeira constatação de botões brancos ocorreu em 14.09 e a segunda, em 25.09, 11 e 14 dias, respectivamente, após a dos botões verdes. Quedas bruscas de

temperatura, principalmente se concomitantes com alguma precipitação, podem ocasionar transformação mais rápida de botões verdes em brancos (BARROS et al., 1978; CLOWES e ALLISON, 1982; RENA e MAESTRI, 1986; RENA et al., 1994). Realmente, as transformações observadas no presente estudo foram antecedidas por fortes quedas na temperatura do ar e por precipitações pluviais nos dias 09.09 e 19-22.09 (Quadro 28).

Como já se disse, o número de botões verdes e, conseqüentemente, o de botões brancos, foram maiores no espaçamento de 1,50 m entre fileiras, seguido do de 2,25 m e finalmente do de 3,00 m. Da mesma forma, nos espaçamentos maiores entre fileiras (2,25 e 3,00 m) o período de emissão de botões brancos estendeu-se por mais 32 dias (até 27.10) que no menor espaçamento (1,50 m) (Quadros 26 e 27). A última data de diferenciação de botões brancos (27.10), como nos casos anteriores, também foi antecedida de precipitação e concomitante queda da temperatura do ar (Quadro 28).

Esses acontecimentos devem-se, principalmente, ao esgotamento energético (*e.g.* reserva de amido) dos cafeeiros nos espaçamentos maiores, em decorrência das maiores produções por plantas ocorridas na safra de 1986/87 (Quadros 4 e 29). Essas relações entre os teores de amido e a formação de botões floríferos já foram demonstradas experimentalmente (BARROS et al., 1982; RENA e MAESTRI, 1986; CARVALHO et al., 1993; RENA et al., 1996).

Entre a transformação do botão verde em branco, normalmente, transcorrem-se de sete a 15 dias para a antese, ou a abertura da flor, dependendo, principalmente, da temperatura do ar e da carga energética da planta (BARROS et al., 1978 e 1982; CLOWES e ALLISON, 1982; RENA e MAESTRI, 1986). Após a antese, em geral,

decorrem-se três a quatro dias para que se complete o “vingamento” da flor e o “pegamento” do fruto jovem (chumbinhos). No presente estudo, para os espaçamentos de 1,50 m e 2,25 m entre fileiras, os dados são bastante concordantes, pois o maior número de chumbinhos foi observado nos dias 25.09 e 09.10, ou seja, 11 e 14 dias, respectivamente, do aparecimento dos botões brancos correspondentes. Entretanto, no espaçamento maior (3,00 m) o aparecimento dos chumbinhos já não foi tão sincronizado e somente se completou (100%) 31 dias após o dos espaçamentos menores (Quadro 27).

Quadro 29 - Estruturas reprodutivas formadas no ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuaí', em função de três espaçamentos de rua e suas correlações com a produção de café beneficiado, por planta, no período de 1987 a 1989

Item	Estrutura	Ano	Espaçamento (m)				Produção (g/planta)		
			1,50	2,25	3,00	Média	86/87	87/88	88/89
			Quantidade				Coeficientes de correlação linear		
A	Botões brancos formados	1987/88	100	59	21	60	-0,95**	0,74*	-
B	Chumbinhos formados		88	42	16	49	-0,91**	0,82**	-
C	Frutos verdes formados		40	20	4	21	-0,94**	0,76*	-
D	Frutos verdes remanescentes		33	16	3,6	17	-0,93**	0,78*	-
E	Vingamento de botões brancos (%D/A)		88	71	76	81	-0,46	1,00**	-
F	Vingamento final botões brancos (%D/A)		33	27	17	29	-0,99**	0,62	-
G	Perda final de botões brancos %(1-F)		67	73	83	71	0,83**	-0,90**	-
H	Pegamento de chumbinhos (%C/B)		45	48	25	44	-0,93**	0,16	-
I	Pegamento final de chumbinhos (%D/B)		38	38	23	35	-0,97**	0,28	-
J	Frutos maduros em 27.06.1988		13	7	1,6	7	-0,95**	0,74*	-
K	Maturação em 27.06.1988 (%J/D)		39	44	44	42	0,69	-0,97**	-
L	Produção de 1986/87 (g/planta)		1085	1125	1244	1151	-	0,50	0,89**
M	Produção de 1987/88 (g/planta)		238	109	141	163	-0,50	-	-0,06
N	Chumbinhos formados	1988/89	37	53	56	49	-	-0,93**	0,43
O	Frutos verdes formados		13	15	15	14	-	-0,97**	0,30
P	Vingamento de chumbinhos (%O/N)		35	28	27	29	-	0,94**	-0,40
Q	Frutos maduros em 22.05.1989		3	8	7	6	-	-1,00**	0,11
R	Maturação em 22.05.1989 (%Q/O)		23	53	47	43	-	-1,00**	0,11
S	Produção de 1987/88 (g/planta)		238	109	141	163	-	1,00**	-0,06
T	Produção de 1988/89 (g/planta)		440	364	692	499	-	-0,06	-



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

A condição de chumbinho estendeu-se por 45 dias, até 09.11. Observa-se, entretanto, que houve queda precoce de chumbinhos de 12% e 17%, respectivamente, nos espaçamentos de 1,50 e 2,25 m, o mesmo não acontecendo com o espaçamento de 3,00 m (Quadro 27), provavelmente porque o número absoluto de chumbinhos era muitíssimo inferior (Quadro 26). Esta queda de frutos jovens é relatada na literatura (CLOWES e ALLISON, 1982; CANNELL, 1985; RENA e MAESTRI, 1986), mas não tão precocemente como a do presente estudo. Também é possível que não se tenha detectado perda de chumbinhos no espaçamento maior devido ao grande hiato entre as determinações de 09.11.1987 e 14.01.1988. Deve-se lembrar que os 100% de chumbinhos nos 3,00 m somente foram alcançados 31 dias após os espaçamentos menores (Quadro 27). Esta lacuna impede a estimativa do momento aproximado em que os frutos passaram a verdes completamente desenvolvidos, chamados aqui apenas de frutos verdes.

Do estado de fruto verde ao de fruto completamente formado (14.01 a 22.02.1988), ainda houve perda adicional de 20% de frutos nos espaçamentos menores e de 10% no de 3,00 m de rua (Quadro 27), evento já relatado na literatura geral do desenvolvimento do fruto do cafeeiro (WORMER, 1964; CLOWES e ALLISON, 1982; CANNELL, 1985; RENA e MAESTRI, 1986).

Na safra de 1987/88, a maturação dos frutos não diferiu grandemente entre os espaçamentos na rua, e por volta de 26.06.1988, aproximadamente, 50% dos frutos estavam maduros. Esta é uma informação curiosa, uma vez que houve grande diferença do tempo entre os estádios de botões verdes e brancos e chumbinhos, nos momentos iniciais do desenvolvimento reprodutivo, provavelmente em consequência da maior exposição à radiação solar, no espaçamento maior. Atraso de maturação por causa do adensamento entre fileiras já

foi relatado por outros pesquisadores (RENA et al., 1986; SANTINATO et al., 1994).

Para concluir esta análise da safra de 1987/88, constata-se que os estádios de floração e frutificação do cafeeiro, em Patrocínio, foram bastante longos com respeito àqueles observados em outras regiões brasileiras produtoras de café (MAESTRI e BARROS, 1977; BARROS et al., 1978; SONDAHL e SHARP, 1979; RENA e MAESTRI, 1986) e mesmo em outros países (LEON e FOURNIER, 1962; WORMER, 1964). Apenas cerca de 40% dos frutos estavam maduros após nove meses de desenvolvimento, a contar da floração, que, no seu momento máximo, ocorreu em setembro de 1987 (Quadros 26 e 27). As principais razões para isso, provavelmente, são as baixas e prolongadas temperaturas do inverno nesta região, de certa forma semelhante ao que ocorre nas regiões de elevada altitude (CLOWES e ALLISON, 1982; RENA e MAESTRI, 1986; RENA et al., 1996).

Não foram realizadas as contagens de botões verdes e brancos na safra de 1988/89. De qualquer forma, as características do processo reprodutivo não diferiram marcadamente daquelas ocorridas na safra de 1987/88 (Quadros 26 e 27). Mesmo assim, ainda havia 44%, 71% e 73% de chumbinhos em 23.01.1989, respectivamente, nos espaçamentos de 1,50 m, 2,25 m e 3,00 m. Por outro lado, aproximadamente nesta mesma data do ano anterior (14.01.1988), 100% dos frutos já se encontravam completamente formados, ou seja, já eram frutos verdes (Quadro 27). Mas em 1989, os 100% de frutos verdes somente foram obtidos em 24.04.1989, cerca de 90 dias mais tarde do que no ano anterior. Mesmo que se admita o grande intervalo entre as determinações (20.02 a 24.04.1989), o que poderia indicar que os 100%

de frutos verdes teriam sido formados em certo momento anterior a 24.04.1989, ainda assim a diferença seria grande.

O mais curioso nessa seqüência comparativa de eventos reprodutivos entre 1988 e 1989, e de explicação fisiológica difícil, é que a maturação dos frutos em 1989 foi antecipada em cerca de 30 dias, em relação ao ano anterior (Quadros 26 e 27). Possivelmente, o fator do ambiente que mais contribuiu para essa diferença foi o maior déficit hídrico ocorrido de março a julho de 1989 (Quadro 2).

#### *4.3.2. Relações e correlações entre as estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário de primeira floração, o espaçamento e a produção de café*

As estruturas reprodutivas, os botões brancos totais, os chumbinhos formados, os frutos verdes formados e o vingamento final de botões brancos foram influenciados significativamente, de forma linear e negativa, pelas variações do espaçamento nas ruas (Quadros 30 e 31).

Quadro 30 - Análise de variância das estruturas reprodutivas formadas em cafeeiros 'Catuaí' na safra de 1987/88 em função do espaçamento de rua

---

Estruturas	Botões brancos formados	Chumbinhos formados	Frutos verdes	Vingamento final de botões brancos
------------	-------------------------	---------------------	---------------	------------------------------------

F.V	GL	QM	QM	QM	QM
Blocos	2	88,33	127,45	3,70	103,66
Rua					
Linear	1	1.040,17**	620,57*	147,02**	337,50*
Quad.	1	0,50	28,99	1,22	153,28#
Resíduo	4	14,67	25,78	3,62	20,47
C.V.%		19,15	35,70	6,47	15,51

#, \*, \*\* Significativo, a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 31 - Equações de regressão do número de estruturas reprodutivas do ramo plagiotrópico primário, de primeira floração, em cafeeiros 'Catuai', em função do espaçamento de rua, na safra 1987/88

Estruturas	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
1. Botões brancos totais	$\hat{Y}^k$ (f. rua) = 59,50 - 17,55**.E <sub>1</sub> /	1,00
2. Chumbinhos formados	$\hat{Y}^k$ (f. rua) = 44,73 - 13,50*.E	0,95
3. Frutos verdes	$\hat{Y}^k$ (f. rua) = 20,74 - 6,60**.E	0,99
4. Vigamento final de botões brancos (%)	$\hat{Y}^k$ (f. rua) = 49,54 - 10,57**.E	0,98

1/ Espaçamento, em metros.

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade pelo teste F.

Essa resposta é aparentemente contraditória, porque quanto maior o espaçamento na rua maior deveria ser a produção de estruturas reprodutivas por planta, já que a diferenciação das estruturas florais e reprodutivas, como um todo, incluindo o desenvolvimento dos frutos, depende, de maneira crítica, da radiação solar que atinge os nós potencialmente produtivos (CASTILLO e LOPES, 1966; CANNELL, 1976 e 1985; BARROS et al., 1978; RENA et al., 1994 e 1996). Entretanto, a possível explicação encontra-se exatamente dentro desta expectativa de maior produção por planta, com o maior espaçamento. A produção por planta foi muito maior no espaçamento mais largo na rua, quando a planta tinha apenas 2,5 anos de idade (Quadros 4 e 29). A produção de 1.244 g de café beneficiado por planta no espaçamento de 3,00 m (Quadro 29) realmente impôs marca indelével às plantas, afetando tanto alguns componentes vegetativos, (seção 4.1.2.), como as estruturas reprodutivas. E mais, sinais de recuperação somente se esboçaram dois

anos depois, na safra de 1988/89 (Quadro 29). Em termos fisiológicos, isso indica que o cafeeiro, após um ano de superprodução, principalmente em plantas jovens, como foi o que aconteceu aos 2,5 anos, no espaçamento de 3,00 m do presente estudo, exaure-se energeticamente de forma que requer pelo menos dois anos para a sua recuperação (RENA et al., 1986 e 1996), ainda que parcial (Quadro 29), acentuando, assim, os efeitos perniciosos da biannualidade de produção.

Dessa forma, esses decréscimos observados nas estruturas reprodutivas, na safra de 1987/88, com o aumento do espaçamento entre fileiras, correlacionam-se negativamente com a produção das plantas na safra de 1986/87, ou seja, no ano anterior, e positivamente com a produção do ano posterior, decorrente da florada da safra de 1987/88 (Quadro 29). Os cafeeiros do espaçamento de 3,00 m, que pouco produziram em 1988, formaram, em relação ao espaçamento de 1,50 m, apenas 21% de botões brancos, 18% de chumbinhos e 10% de frutos verdes (Quadro 29).

Em média, 81% dos botões brancos transformaram-se em chumbinhos e apenas 29% destes botões formaram frutos verdes remanescentes (Quadro 29). Em síntese, 71% dos botões brancos foram perdidos e a perda foi mais intensa nos espaçamentos maiores, resultando num vingamento final de aproximadamente 29%, o que está dentro do mencionado na literatura (CASTILLO e LOPES, 1966; CANNELL, 1985; RENA e MAESTRI, 1986).

Em conclusão, o vingamento final foi menor no espaçamento maior, mas como consequência da grande produção da safra de 1986/87, com a qual correlaciona-se negativamente (Quadro 29). Resultados muito semelhantes foram também constatados com respeito à perda de chumbinhos, no presente estudo.

O número de chumbinhos formados em 1987 decresceu com o aumento do espaçamento na rua e, em média, foram formados 49 chumbinhos por ramo (Quadro 29). Já em 1988 o número de chumbinhos formados foi maior com o aumento do espaçamento, exatamente o oposto do ocorrido no ano anterior. No entanto, em ambos os casos, o número de chumbinhos foi sempre negativamente correlacionado com a produção do ano anterior.

As variações observadas no número de frutos verdes foram muito semelhantes àquelas que se passaram com o número de chumbinhos (Quadro 29).

O pegamento de chumbinhos, estimado pela relação entre frutos verdes formados e chumbinhos formados (Quadro 29), em 1988, diminuiu com o aumento do número de chumbinhos formados, exatamente o oposto do que ocorreu em 1989. Mais uma vez esta característica fisiológica está negativamente correlacionada com a produção por planta do ano anterior.

Em novembro de 1988, o maior número de chumbinhos foi observado nas plantas mais desfolhadas (Quadro 32). Na verdade, demonstrou-se que a diferenciação floral no cafeeiro, e conseqüentemente a formação de chumbinhos, apresenta dependência crítica da radiação solar que recebem os nós potencialmente floríferos (CASTILLO e LOPES, 1966). O enfolhamento precário permitiu, no presente estudo, maior penetração da luz no dossel do cafeeiro. Nós potencialmente produtivos representam, entre outras características, estruturas energeticamente abastecidas de carboidratos, mesmo que a fotossíntese corrente não seja tão elevada, por deficiência de folhas, como no presente caso (BARROS, et al., 1982; RENA e MAESTRI, 1986; CARVALHO et al., 1993).



No entanto, o pegamento de chumbinhos correlacionou-se negativamente com essa desfolha ( $r = -0,91^{**}$ ), mas positivamente ( $r = 0,94^{**}$ ) com a produção do ano anterior (Quadro 32). O número de frutos verdes formados foi positivamente correlacionado com o número de chumbinhos ( $r = 0,99^{**}$ ) e negativamente ( $r = -0,97^{**}$ ) com a produção do ano anterior (1987/88).

Toda a discussão apresentada em torno do número, do vingamento e do pegamento de botões brancos, chumbinhos e frutos verdes formados é, em última instância, reflexo do status energético da planta, seja da sua reserva de carboidratos seja da sua fotossíntese corrente (RENA e MAESTRI, 1986; CARVALHO et al., 1993).

Quadro 32 - Coeficientes de correlação linear entre o número de estruturas reprodutivas e os componentes vegetativos do ramo plagiotrópico primário, de primeira produção, em função de três espaçamentos de rua, em cafeeiros 'Catuai', na safra de 1988/89

	2	3	4	5	6	7	8	9
1 - Nº de chumbinhos (Nov. 1988)	0,99**	-1,00**	0,90**	0,00	-0,30	-0,87**	-0,93**	0,43
2 - Nº de frutos verdes (Abril 1989)	-	-0,99**	0,95**	0,15	-0,43	0,93**	-0,97**	0,30
3 - Vingamento de chumbinhos (%)	-	-	-0,91**	-0,03	0,33	0,88**	0,94**	-0,40
4 - Desfolha (%) - Nov.1988	-	-	-	0,44	-0,69*	-1,00**	-1,00**	-0,01
5 - Desfolha (%) - Maio 1989	-	-	-	-	-0,96**	0,50	-0,38	-0,90**
6 - Nº de folhas - Nov.1988	-	-	-	-	-	0,73*	0,64	0,73*
7 - Nº de folhas - Maio 1989	-	-	-	-	-	-	0,99**	0,07
8 - Produção 1988 (g/planta)	-	-	-	-	-	-	-	0,06
9 - Produção 1989 (g/planta)	-	-	-	-	-	-	-	-

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

## 4.4 Produção

### 4.4.1. Produção de café beneficiado

Em junho de 1987, portanto aos 28 meses de idade, os cafeeiros apresentaram a sua primeira produção. Desta data até 1994 foram colhidas oito produções (Quadro 33), expressas em sacas de café beneficiado por hectare, ordenadas por espaçamento, por ano de colheita e por média de períodos. No Quadro 34 estão resumidas as produções (Quadro 33), por média de espaçamento entre fileiras e entre plantas na fileira. A produtividade por área aumentou no sentido dos menores espaçamentos de rua e de plantas na fileira (Quadros 33 e 34) e a produção por planta diminuiu à medida da maior população (Quadros 35 e 36), fato observado para todas as colheitas e para as médias dos períodos. CAMARGO et al. (1983) frisaram que o adensamento é causa da menor produtividade por planta, porém, da maior produtividade por hectare. A maior produtividade, por ele obtida experimentalmente, foi com o espaçamento de 1,54 x 1,00 m, ou seja, aproximadamente, 6.500 plantas ha<sup>-1</sup>. CORTÉS e SIMÓN (1991) obtiveram rendimentos na primeira colheita, variando de 69 a 107 sacas por hectare e produtividade de 502 a 513 gramas por planta, em cafeeiros cultivados a pleno sol, em populações de 8.333 a 12.500 plantas por hectare, respectivamente. Esses rendimentos são bem semelhantes aos que foram obtidos no presente estudo, tanto em produção por área quanto por planta, à semelhança também dos obtidos por SANTINATO et al. (1994).

Destaque deve ser dado à elevada produtividade por área e, principalmente, por planta (Quadro 35) registrada na primeira colheita, situação pouco comum no cultivo do cafeeiro. Tanto a prática quanto

diversos trabalhos experimentais (TOLEDO, 1979; CARVAHO e SOUZA, 1980; ALMEIDA, et al., 1983; CAMARGO, et al., 1983; GARCIA, et al., 1983) registram que, normalmente, os cafezais iniciam sua produção de

Quadro 33 - Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', em sacas de café beneficiado por hectare, em função de nove espaçamentos, no período de 1987 a 1994

Espaçamentos (m)	Plantas por hectare	Sacas* ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>							Média dos anos (M) - Sc* ha <sup>-1</sup>		
		1987	1988	1989	1990	M 91 e 92 <sup>1/</sup>	1993	1994	M 87 e 88	M 87 a 90	M 87a 94
1,50 x 0,50	13.333	105	43	46	26	-	52	47	74	55	40
1,50 x 1,00	6.666	122	23	48	23	-	59	40	72	54	39
1,50 x 1,50	4.444	95	22	34	19	-	51	32	58	43	32
2,25 x 0,50	8.888	89	30	45	21	-	38	34	59	46	35
2,25 x 1,00	4.444	87	9	27	17	-	37	25	48	35	30
2,25 x 1,50	2.963	78	10	26	17	-	35	20	44	33	26
3,00 x 0,50	6.666	81	25	71	17	22	14	23	53	49	34
3,00 x 1,00	3.333	71	7	41	17	21	17	14	39	34	26
3,00 x 1,50	2.222	64	10	26	13	19	13	11	37	28	22

\* Sacas de 60 kg de café beneficiado.

<sup>1/</sup> Média dos anos.

Quadro 34 - Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', por média de ruas e de plantas na fileira, em sacas de café beneficiado por hectare, no período de 1987 a 1994

Espaçamento de rua (m)	Sacac* ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>							Média dos anos (M) - Sc* ha <sup>-1</sup>		
	1987	1988	1989	1990	M 91e 92 <sup>1/</sup>	1993	1994	M 87 e 88	M 87 a 90	M 87 a 94
1,50	107	30	43	23		54	39	68	51	37
2,25	84	16	33	19		37	26	50	38	27
3,00	72	14	46	16	21	14	16	43	37	29
Espaçamento entre plantas na fileira (m)										
0,50	92	33	54	22		35	35	62	50	36
1,00	93	13	38	19		38	26	53	41	31
1,50	79	14	29	17		33	21	46	35	26

\*Sacac de 60 kg de café beneficiado.

<sup>1/</sup> Média dos anos.

Quadro 35 - Produtividade média do cafeeiro 'Catuaí', em gramas de café beneficiado por planta, em função de nove espaçamentos, no período de 1987 a 1994

Espaçamentos (m)	Plantas por hectare	g* planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>							Média dos anos (M) - g* planta <sup>-1</sup>		
		1987	1988	1989	1990	M 91 e 92 <sup>1/</sup>	1993	1994	M 87e 88	M 87 a 90	M 87 a 94
1,50 x 0,50	13.333	474	194	206	117		235	211	334	248	180
1,50 x 1,00	6.666	1.094	210	428	208		535	359	652	485	354
1,50 x 1,50	4.444	1.278	298	465	258		693	427	788	574	427
2,25 x 0,50	8.888	598	202	302	144		255	232	400	312	239
2,25 x 1,00	4.444	1.174	127	366	232		498	331	650	475	408
2,25 x 1,50	2.963	1.573	196	531	345		715	415	885	661	518
3,00 x 0,50	6.666	732	227	641	154	194	129	207	480	439	310
3,00 x 1,00	3.333	1.282	132	740	304	384	297	250	707	612	471
3,00 x 1,50	2.222	1.723	281	701	364	520	338	305	1.002	767	594

\* Café beneficiado.

<sup>1/</sup> Média dos anos.

Quadro 36 - Produtividade média do cafeeiro 'Catuai', por média de ruas e de plantas na fileira, em gramas por planta, de café beneficiado, no período de 1987 a 1994

Espaçamento de rua (m)	g* planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>							Média dos anos (M) - g* planta <sup>-1</sup>		
	1987	1988	1989	1990	M91 e 92 <sup>1/</sup>	1993	1994	M 87 e 88	M 87 a 90	M 87 a 94
1,50	949	234	366	195		487	332	591	436	320
2,25	1.115	175	399	240		489	326	645	482	388
3,00	1.246	213	694	274	366	254	254	729	606	458
Espaçamento entre plantas na fileira (m)										
0,50	602	208	383	139		206	216	405	333	243
1,00	1.183	156	511	248		443	313	670	524	411
1,50	1.524	258	566	322		582	382	891	668	513

\* Gramas por planta de café beneficiado.

<sup>1/</sup> Médias dos anos.



forma mais lenta, crescente até à terceira/quinta colheitas, para então iniciar os ciclos bienais de produção. As populações de 2.222 a 4.444 plantas por hectare neste trabalho produziram entre 1.700 a 1.300 gramas de café beneficiado por planta, apenas na primeira colheita (Quadro 35). Comparativamente, CORTÉS e SIMÓN (1991), em Havana, obtiveram até 513 gramas por planta na primeira colheita e NJOROGE e KIMENIA (1994), no Quênia, o máximo de 417 gramas de café beneficiado por planta na primeira colheita, com a população de 3.200 plantas por hectare. Somente com a produção acumulada de três colheitas os autores conseguiram obter 1.890 gramas por planta. Ainda no Quênia ocorreram produções crescentes de 400 a 1.000% e de 30 a 190% da primeira para a segunda produção, e desta para a terceira, respectivamente, quando as primeiras safras foram baixas. Contudo, quando se registraram primeiras safras elevadas houve queda de 170% da primeira para a segunda colheita, com recuperação das plantas a partir da terceira produção (NJOROGE e KIMENIA, 1994), semelhantemente ao ocorrido neste estudo. Esta elevada produção em tão tenra idade dos cafeeiros constituiu causa do esgotamento energético das plantas (RENA et al., 1983; CARVALHO et al., 1993), o que marcou tanto o desenvolvimento vegetativo posterior quanto o reprodutivo, sendo então necessários dois ciclos vegetativos para se constatar a recuperação das plantas. Os danos causados por esta elevada produção podem ser verificados nas produções obtidas nos espaçamentos de 2,25 x 1,00; 2,25 x 1,50; 3,00 x 1,00; e 3,00 x 1,50 m, na colheita de 1988 (Quadro 33). Esses tratamentos são justamente os de menor densidade populacional (4.444 a 2.222 plantas por hectare), associados a maiores espaçamentos (1,00 e 1,50 m) entre plantas na fileira. Tal disposição favoreceu as plantas na produção de 1.174 a 1.723 gramas de café beneficiado por planta (Quadro 35), o que,

seguramente foi a causa de seu esgotamento e de sua lenta recuperação.

Em virtude do intenso fechamento da lavoura, nos dois menores espaçamentos entre fileiras, optou-se, em 1990, pela recepagem das plantas nesses espaçamentos, que só voltaram a produzir em 1993. Dessa forma, nesse período, apresenta-se a média de produção dos anos 1991 e 1992 apenas para o espaçamento de 3,00 m entre ruas, uma vez que ad plantas dos demais espaçamentos não produziram nesse período (Quadros 33, 34, 35 e 36).

Na média das produções de 1987 a 1994, observou-se que as plantas no espaçamento de 3,00 x 0,50 m apresentaram produtividade próxima daquelas nos espaçamentos de 2,25 x 0,50 m e 1,50 x 0,50 m, as quais ficaram dois anos sem produzir, por causa da recepagem efetuada. Dessa forma, os ganhos de produtividade que os menores espaçamentos estavam apresentando até à quarta colheita foram praticamente anulados pelo efeito da poda (Quadro 33). A necessidade de manejo deve ser considerada ao se optar pelo adensamento de ruas. Pelo Quadro 36, com as produtividades por planta, agrupadas por espaçamentos entre fileiras e entre plantas na fileira, pode-se visualizar o efeito relatado, especialmente traduzido na colheita de 1988, no espaçamento de 2,25 m entre fileiras e no de 1,00 m entre plantas na fileira.

#### *4.4.2. Efeitos da adubação*

Da mesma forma que os componentes vegetativos, a produção de café beneficiado não foi influenciada pelas doses de fertilizantes aplicadas, quando se considera a produção por área ou por planta (Quadros 37 e 38). Estatisticamente, alguns poucos espaçamentos

apresentaram respostas às doses (Quadros 37 e 38) mas estas são inconsistentes com as demais respostas e, por isso, deixa-se de considerá-las, assumindo-se, no geral, que as doses de fertilizante não influenciaram as produtividades dos cafeeiros.

Quadro 37 - Análise de variância da produtividade do cafeeiro 'Catuaí', em sacas de café beneficiado por hectare, em função de três espaçamentos de rua por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no período de 1987 a 1994

		Colheita de :		1987	M 87 e 88 <sup>1/</sup>	M 87 a 90 <sup>1/</sup>	M 87 a 94 <sup>1/</sup>
Fonte de variação		GL	QM	QM	QM	QM	QM
Bloco		2	3969	108	154	87	
Rua (R)							
	Linear (L)	1	22.141**	11.366**	3.257**	1.050**	
	Quad (Q)	1	660	700**	806**	823**	
Fileira /R 1,50 m -	L	1	692#	1.517**	943**	320**	
	Q	1	3.721**	302*	206*	127*	
Fileira /R 2,25 m -	L	1	725#	1.464**	1.098**	391**	
	Q	1	114	87	145#	45#	
Fileira /R 3,00 m -	L	1	1.854**	1.574**	2.481**	944**	
	Q	1	15	283*	166*	43#	
Resíduo (a)		16	216	48	36	14	
Adu./Esp. (1,50x0,50m)	Linear	1	423#	3	13	0	
	Quadrat.	1	1	0	78#	26	
	Cúbico	1	43	27	2	3	
Adu./Esp. (1,50x1,00m)	Linear	1	68	85	27	0	
	Quadrat.	1	365	24	12	6	
	Cúbico	1	29	61	30	89*	
Adu./Esp. (1,50x1,50m)	Linear	1	134	35	20	3	
	Quadrat.	1	136	38	17	29	
	Cúbico	1	42	28	0	4	
Adu./Esp. (2,25x0,50m)	Linear	1	127	139#	17	5	
	Quadrat.	1	591*	97	54	18	
	Cúbico	1	180	43	16	0	
Adu./Esp. (2,25x1,00m)	Linear	1	53	73	24	41#	
	Quadrat.	1	0	0	5	9	
	Cúbico	1	57	3	0	4	
Adu./Esp. (2,25x1,50m)	Linear	1	653*	175#	18	4	
	Quadrat.	1	210	8	1	1	

	Cúbico	1	23	24	63	11
Adu./Esp. (3,00x0,50m)	Linear	1	6	6	18	21
	Quadrat.	1	10	0	13	3
	Cúbico	1	264	88	23	9
Adu./Esp. (3,00x1,00m)	Linear	1	77	10	13	0
	Quadrat.	1	119	33	0	0
	Cúbico	1	3	14	9	1
Adu./Esp. (3,00x1,50m)	Linear	1	42	2	8	1
	Quadrat.	1	16	3	5	0
	Cúbico	1	67	18	4	3
Resíduo (b)		54	138	50	26	13
CV.% (a)			17	13	14	12
CV.% (b)			13	13	12	12

1/ Refere-se à produtividade média entre os anos mencionados.

#, \*, \*\* Significativo, a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 38 - Análise de variância da produtividade do cafeeiro 'Catuaí', em gramas de café beneficiado por planta, em função de três espaçamentos de rua por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no período de 1987 a 1994

		Colheita de:		1987	M 87 e 88 <sup>1/</sup>	M 87 a 90 <sup>1/</sup>	M 87 a 94 <sup>1/</sup>
Fonte de variação	GL	QM	QM	QM	QM	QM	QM
Bloco	2	692.693		26.595		308.734	19.663
Rua (R)							
Linear (L)	1	1.586.632**		343.391**		522.081**	494.253**
Quad (Q)	1	7.619		5.633		35.564*	7.460**
Fileira /R 1,50 m -	L	1	3.873.189**	1.234.793**		639.945**	381.662**
	Q	1	381.092*	66.394*		43.706*	21.896*
Fileira /R 2,25 m -	L	1	5.694.928**	1.406.854**		732.626**	424.250**
	Q	1	62.080	515		1.101	190
Fileira /R 3,00 m -	L	1	5.883.831**	1.636.208**		647.293**	578.268**
	Q	1	23.411	9.338		720	1.693
Resíduo (a)	16	49.291		10.105		7.503	3.913
Adu./Esp.	Linear	1	8.560	69		255	4
(1,50x0,50m)	Quadrat.	1	15	0		1.584	516
	Cúbico	1	875	539		40	62
Adu./Esp.	Linear	1	5.526	6.898		2.186	22
(1,50x1,00m)	Quadrat.	1	29.583	1.959		953	457
	Cúbico	1	23.735	4.950		2.413	7.213
Adu./Esp.	Linear	1	24.501	6.458		3.580	593
(1,50x1,50m)	Quadrat.	1	24.751	6.948		3.141	5.367
	Cúbico	1	7.593	5.180		20	672
Adu./Esp.	Linear	1	5.769	6.347		754	236
(2,25x0,50m)	Quadrat.	1	26.917	4.408		2.447	836
	Cúbico	1	8.206	1.979		724	0
Adu./Esp.	Linear	1	9.690	13.373		4.358	7.433
(2,25x1,00m)	Quadrat.	1	5	83		884	1.592
	Cúbico	1	10.336	586		9	727
Adu./Esp.	Linear	1	267.673**	71.745**		7.407	1.747
(2,25x1,50m)	Quadrat.	1	86.277#	3.242		472	464
	Cúbico	1	9.438	9.831		25.695*	4.542
Adu./Esp.	Linear	1	472	483		1.482	1.680
(3,00x0,50m)	Quadrat.	1	806	34		1.045	280
	Cúbico	1	21.374	7.126		1.828	737
Adu./Esp.	Linear	1	24.874	3.249		4.073	26
(3,00x1,00m)	Quadrat.	1	38.533	10.650		32	9
	Cúbico	1	894	4.383		2.771	322
Adu./Esp.	Linear	1	30.594	1.378		5.748	607

(3,00x1,50m) Quadrat.	1	11.562	1.947	3.422	1
Cúbico	1	49.021	13.066	3.080	1.944
Resíduo (b)	54	28.895	8.192	4.866	3.098
CV.% (a)		20	15	17	16
CV.% (b)		15	14	14	15

1/ Refere-se à produtividade média entre os anos mencionados.

#,\*,\*\* Significativo, a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

#### *4.4.3. Efeitos dos espaçamentos sobre a produtividade*

A produtividade, tanto expressa em sacas de café beneficiado por hectare, quanto em gramas por planta, foi influenciada significativamente pela variação dos espaçamentos de rua, tanto na primeira produção quanto nas médias dos períodos produtivos analisados (Quadros 37 e 38). O espaçamento entre plantas na fileira também exerceu significativa influência sobre a produtividade nas duas formas de expressão consideradas. O efeito do espaçamento entre fileiras e entre plantas na fileira foi observado no significativo aumento da produtividade por área, que foi maior à medida da redução do espaçamento, nos dois sentidos, tanto na primeira colheita como nas posteriores (Quadro 34), conforme também observaram MENDES et al. (1996). RIVERA (1991) encontrou incrementos de produtividade, da ordem de 30 a 100%, quando a densidade de plantio passou de 5.000 para 6.666 e 10.000 plantas por hectare, respectivamente.

Em decorrência da análise de variância (Quadro 37), foram estimadas equações de regressão para a produção, em sacas de café beneficiado por hectare, em função dos espaçamentos de rua, independente do espaçamento entre plantas na fileira (Quadro 39) e também em função dos espaçamentos entre plantas na fileira, mas dentro de cada rua em separado (Quadro 40).

##### *4.4.3.1. Influência do espaçamento de rua sobre a produtividade*

Em decorrência da análise de variância (Quadro 37) ter apresentado significância para o componente quadrático, são apresentadas no Quadro 39 as equações 2Q, 3Q e 4Q para as médias de produções entre colheitas. Dessas equações deduz-se que a curva

das produções passa por um mínimo, o que, neste caso, não tem sentido biológico. Dessa forma, apesar dessas equações melhor se

Quadro 39 - Equações de regressão da produtividade do cafeeiro 'Catuai', em sacas de café beneficiado por hectare, em função do espaçamento de rua, independente do espaçamento entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1994

Ano de produção	Equação nº	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
1987	1 L	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 140,53 - 23,38^{**} \cdot E^{2\text{L}}$	0,97
M 87 e 88 <sup>1/</sup>	2 L	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 91,58 - 16,75^{**} \cdot E$	0,94
	2 Q	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 136,70 - 59,97^{**} \cdot R + 9,60^{**} \cdot E^2$	1,00
M 87 a 90 <sup>1/</sup>	3 L	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 62,03 - 8,97^{**} \cdot E$	0,80
	3 Q	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 110,32 - 55,32^{**} \cdot R + 10,30^{**} \cdot E^2$	1,00
M 87 a 94 <sup>1/</sup>	4L	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 45,82 - 6,30^* \cdot E$	0,95
	4Q	$\hat{Y}^c(\text{f. rua}) = 49,73 - 30,84^{**} \cdot E + 10,51^* \cdot E^2$	1,00

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

<sup>1/</sup> Representa a média das produções dos anos mencionados.

<sup>2/</sup> E = Espaçamento de rua, em metros.



Quadro 40 - Equações de regressão da produtividade do cafeeiro 'Catuai', em sacas de café beneficiado por hectare, em função do espaçamento entre plantas na fileira por rua, no período de 1987 a 1994

Ano de produção	Equação nº	Espaçamento de rua (m)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
1987	1	1,50	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 46,06 + 161,79 \cdot E - 86,26^{**} \cdot E^2$	1,00
	2	2,25	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 95,42 - 11,00^{\#} \cdot E^{2/}$	0,86
	3	3,00	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 89,71 - 17,58^{**} \cdot E$	0,99
M 87 e 88 <sup>1</sup>	4	1,50	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 63,76 + 33,28^{**} \cdot E - 24,59^* \cdot E^2$	1,00
	5	2,25	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 66,01 - 15,62^{**} \cdot E$	0,94
	6	3,00	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 59,42 - 16,20^{**} \cdot E$	0,85
M 87 a 90 <sup>1</sup>	7	1,50	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 46,12 + 28,10^{**} \cdot E - 20,32^* \cdot E^2$	1,00
	8	2,25	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 51,52 - 13,53^{**} \cdot E$	0,88
	9	3,00	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 57,40 - 20,33^{**} \cdot E$	0,94
M 87a 94 <sup>1/</sup>	10	1,50	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 30,66 + 24,61^{**} \cdot E - 15,95^* \cdot E^2$	1,00
	11	2,25	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 40,17 - 9,75^{**} \cdot E$	1,00
	12	3,00	$\hat{Y}^c(\text{f fileira}) = 39,97 - 12,44^{**} \cdot E$	0,96

#, \*, \*\* Significativo a 10; 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Representa a média das produções dos anos mencionados.

<sup>2/</sup> E = Espaçamento entre plantas na fileira, em metros.

ajustarem aos dados apresentados ( $R^2 = 1,00$ ), foram rejeitadas em detrimento das equações lineares que explicam melhor, biologicamente, o fenômeno. Assim, pode-se descrever que, tanto na primeira quanto na média de duas, quatro e oito colheitas, o alargamento das ruas provocou decréscimos na produtividade por área, de forma linear. Deduz-se também, pelos valores dos interceptos, que as produções diminuíram com o envelhecimento dos cafezais e que as diferenças, decorrentes das distâncias entre fileiras tendem a diminuir com o acúmulo do número de colheitas. Dessa forma, o estreitamento das ruas é mais vantajoso nas primeiras produções.

O alargamento das ruas provocou maiores produções por planta (Quadro 41), e isso tem sido relacionado com a seca-de-ponteiros, morte de plantas e ampliação das diferenças entre anos de baixa e alta produção. RIVERA (1991), ao discutir esse comportamento, correlaciona-o com a massa vegetal da parte aérea e do sistema radicular e constatou que o adensamento melhora as relações fruto/parte aérea e fruto/sistema radicular, prevenindo ou diminuindo a descompensação por super produção, fenômeno de elevada ocorrência no cultivo do café.

Verificou-se também que a produção por planta tende a diminuir com o acúmulo das colheitas, da mesma forma que diminuem as diferenças em virtude das variações entre ruas (Quadro 41). Tais comportamentos foram também constatados por MENDES et al. (1967), VIANA, et al. (1978), CAMARGO et al. (1979), MIGUEL et al. (1979) e ALMEIDA et al. (1979).

#### 4.4.3.2. Influência do espaçamento entre plantas na fileira sobre a produtividade

A curva de produção, quando expressa em sacas de café beneficiado por hectare, apresentou, na rua de 1,50 m, comportamento quadrático, tanto na primeira quanto nas médias das demais colheitas, descritas pelas equações de número 1; 4; 7 e 10 (Quadro 40). Tal fato indica para a rua de 1,50 m, espaçamento ótimo de 0,94 m entre plantas, na primeira produção, e de 0,70 m para as médias de produção entre períodos. Estes espaçamentos indicam uma população ótima de 7.100 e 9.500 plantas por hectare, para a primeira e para as médias das demais colheitas, respectivamente.

Quadro 41 - Equações de regressão da produtividade do cafeeiro 'Catuaí', em gramas de café beneficiado por planta, em função do espaçamento de rua, independente do espaçamento entre plantas na fileira, no período de 1987 a 1994

Ano de produção	Equação nº	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
1987	1	$\hat{Y}(f \text{ rua}) = 657,75 + 197,93^{**} \cdot E$	1,00
M 87 e 88 <sup>1/</sup>	2	$\hat{Y}^2 (f \text{ rua}) = 448,11 + 92,08^{**} \cdot E$	0,98
M 87 a 90 <sup>1/</sup>	3	$\hat{Y}(f \text{ rua}) = 252,69 + 113,54^{**} \cdot E$	0,94
M 87 a 94 <sup>1/</sup>	4	$\hat{Y}(f \text{ rua}) = 182,27 + 91,90^{**} \cdot E$	1,00

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

1/ Representa a média das produções dos anos mencionados.

2/ E = Espaçamento de rua, em metros.

Contudo, poder-se-ia esperar comportamento inverso, ou seja, população maior na fase jovem da cultura, que teria de ser desbastada na fase adulta, para se manter índice de área foliar ótimo, como relatado por VALENCIA (1973), a fim de diminuir, na fase adulta, a competição entre plantas, principalmente por espaço e luz. Esta inversão, atribui-se especialmente à melhoria da condição hídrica do solo, à medida que a lavoura, ao crescer, promoveu melhor cobertura do solo, maior rugosidade do sistema, menor evapotranspiração e, conseqüentemente, maior conservação da umidade do solo, além do maior aprofundamento do sistema radicular (KUMAR, 1978; PAVAN e CHAVES, 1996). Excluindo pois a primeira produção, a população ótima para o espaçamento de 1,50 m de rua foi obtida com 0,70 m entre plantas na fileira, ou seja, 9.500 plantas ha<sup>-1</sup>, no manejo considerado de recepagem após a quarta produção.

Nas ruas de 2,25 e 3,00 m, a produção por área decresceu linearmente com o aumento do espaçamento entre plantas na fileira, de forma mais acentuada na rua de 3,00 m, em todas as colheitas estudadas (Quadro 40). De modo geral observou-se que as diferenças por causa das variações de espaçamentos nas fileiras tendem a ser menores à medida que se aumentou o número de colheitas.

Com relação à produção por planta (Quadro 42), verificou-se que foi função crescente e linear do espaçamento nas fileiras e que, no geral, teve maior efeito nos maiores espaçamentos de rua e com o número de colheitas diminuiu de intensidade.

Todavia, a maior produção por planta não foi capaz de compensar o decréscimo do número de planta por área, diminuindo, conseqüentemente, a produtividade por área.

Vale ressaltar que o efeito do componente quadrático observado na rua de 1,50 m (Quadro 38) levou a estimativas de equações do tipo  $\hat{Y} = -a + bx - cx^2$ , o que não é condizente com o modelo biológico de desenvolvimento das plantas, pois induziria a existência de ponto de máximo, que, neste caso, não se aplica, e, por isso, este modelo foi descartado em detrimento do modelo linear, mais adequado ao comportamento biológico da produção, no intervalo das medidas deste estudo.

Quadro 42 - Equações de regressão da produtividade do cafeeiro 'Catuai', em gramas de café beneficiado por planta, em função do espaçamento entre plantas na fileira, por rua, no período de 1987 a 1994

Ano de produção	Equação nº	Espaçamento de rua (m)	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
1987	1	1,50	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 145,25 + 803,45** . E <sup>2</sup>	0,91
	2	2,25	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 140,72 + 974,25** . E	0,99
	3	3,00	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 255,32 + 990,27** . E	1,00
M 87 e 88 <sup>1</sup>	4	1,50	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 137,68 + 456,65** . E	0,95
	5	2,25	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 160,85 + 484,23** . E	1,00
	6	3,00	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 207,24 + 522,21** . E	0,99
M 87 a 90 <sup>1</sup>	7	1,50	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 109,25 + 326,59** . E	0,94
	8	2,25	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 133,06 + 349,43** . E	1,00
	9	3,00	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 277,69 + 328,45** . E	1,00

M 87a 94 <sup>1/</sup>	10	1,50	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 72,96 + 247,46** . E	0,95
	11	2,25	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 109,09 + 279,39** . E	1,00
	12	3,00	$\hat{Y}^c$ (f. fileira) = 174,18 + 284,09** . E	1,00

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1/</sup> Representa a média das produções dos anos mencionados.

<sup>2/</sup> E = Espaçamento entre plantas na fileira, em metros.

#### 4.5. Análise do solo

Conforme foi observado nos itens 4.2; 4.3 e 4.4, os componentes vegetativos e reprodutivos do desenvolvimento do cafeeiro não foram afetados pelas doses de fertilizantes aplicadas. Este efeito não era esperado, pois o solo era originalmente de baixa fertilidade natural (Quadro 1) e deveria responder diferentemente em função das doses de fertilizantes e nas diferentes populações de cafeeiros.

Seguramente, as adubações de plantio e primeiro ano pós-plantio, feitas em dose única por cova, e as menores doses de fertilizante, aplicadas a partir do segundo ano pós-plantio, foram suficientes para elevar a fertilidade do solo a níveis suficientemente

altos, a ponto de as maiores doses não influenciarem o desenvolvimento dos cafeeiros.

A análise estatística dos teores dos nutrientes no solo, realizada em 1988, não apresentou diferenças significativas para os elementos analisados, com exceção do K (Quadro 43). Os teores médios deste nutriente somente variaram em função dos espaçamentos de rua, passando de 104 para 72 e para 48 mg dm<sup>-3</sup> quando as ruas cresceram de 1,50 para 2,25 e 3,00 m, respectivamente, o que pode ser representado pela equação  $Y (f. \text{ rua}) = 158,67 - 37,33^{**} \cdot E (R^2 = 0,99)$ . Em virtude da quantidade de adubo aplicada por fileira, na rua de 3,00 m, ser o dobro da aplicada na rua de 1,50 m, era de se esperar o contrário do observado. Contudo, quantidades menores de fertilizante aplicadas conduzem à menor acidificação do solo, melhor eficiência no uso dos elementos e menores perdas por lixiviação. Adicionalmente, maiores populações promovem maior aproveitamento dos nutrientes e maior reciclagem (KUMAR, 1979; MIGUEL et al., 1991; PAVAN e CHAVES, 1996). Dessa forma, a menor lixiviação e a maior reciclagem, nos espaçamentos menores promoveram maior conservação do K aplicado, ao contrário dos maiores espaçamentos onde as perdas por

Quadro 43 - Análise de variância das características químicas do solo em função de três espaçamentos de rua, por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no ano de 1988

Característica :		pH	P	K	Ca	Mg
Fonte de variação	GL	QM	QM	QM	QM	QM
Bloco	2	0,13	340	1.083**	69	26
Rua (R)						
Linear (L)	1	0,01	162	55889**	36	16
Quad (Q)	1	0,17	212	406	120	68
Fileira /R 1,50 m - L	1	0,26	1	4.428*	17	48

	Q	1	0,12	42	2.838#	0	3
Fileira /R 2,25 m -	L	1	0,00	0	267	37	3
	Q	1	0,28	7	239	239*	44
Fileira /R 3,00 m-	L	1	0,08	150	551	4	20
	Q	1	0,01	430	3	0	22
Resíduo (a)		16	0,14	173	731	47	22
Adu./Esp. (1,50x0,50m)	Linear	1	0,40*	132	2.356	47	0
	Quadrat.	1	0,01	2	833	44	37
	Cúbico	1	0,05	144	2.694	6	0
Adu./Esp. (1,50x1,00m)	Linear	1	0,02	52	1.101	0	23
	Quadrat.	1	0,19	3	80	48	44
	Cúbico	1	0,03	2	58	112	1
Adu./Esp. (1,50x1,50m)	Linear	1	0,19	522	735	1	6
	Quadrat.	1	0,08	432	12	14	1
	Cúbico	1	0,05	91	3.375	31	3
Adu./Esp. (2,25x0,50m)	Linear	1	0,09	13	570	12	24
	Quadrat.	1	0,01	65	140	52	1
	Cúbico	1	0,01	11	1.450	62	10
Adu./Esp. (2,25x1,00m)	Linear	1	0,62*	23	1.460	2	0
	Quadrat.	1	0,19	7	363	5	8
	Cúbico	1	0,01	6	2.257	107	45
Adu./Esp. (2,25x1,50m)	Linear	1	0,17	25	10.693**	273 *	42
	Quadrat.	1	0,01	61	3.997	56	21
	Cúbico	1	0,01	66	126	4	7
Adu./Esp. (3,00x0,50m)	Linear	1	0,06	295	25	0	0
	Quadrat.	1	0,10	217	4	12	7
	Cúbico	1	0,01	109	0	32	16
Adu./Esp. (3,00x1,00m)	Linear	1	0,01	905	56	12	7
	Quadrat.	1	0,07	817	432	14	56
	Cúbico	1	0,01	2	308	2	0
Adu./Esp. (3,00x1,50m)	Linear	1	0,01	7	42	17	12
	Quadrat.	1	0,01	1	85	3	14
	Cúbico	1	0,10	5	735	1	2
Resíduo (b)		54	0,10	110	1.318	45	27
CV.% (a)			0,34	62	18	20	22
CV.% (b)			5,80	100	48	40	50

#, \*, \*\* Significativo, a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.



lixiviação foram seguramente maiores, especialmente nesse solo de baixa CTC. Ainda no ano de 1988, verificou-se que apenas no espaçamento de 2,25 x 1,50 m as doses de adubo alteraram os teores de K no solo (Quadro 43). Interessantemente, este espaçamento foi o que apresentou menores produções no ano de 1988 (ano da análise do solo) e isso conduziu à verificação dos dados, constatando-se que 66% das parcelas desse espaçamento apresentaram o teor médio de 53 mg dm<sup>-3</sup> de K, nível considerado baixo para o cafeeiro (CFSEMG, 1989). Seguramente estes baixos teores foram a causa da baixa produtividade ocorrida nesse espaçamento, em 1988 (Quadro 33).

Em 1988 as plantas no espaçamento de 3,00 x 1,00 m apresentaram também baixa produtividade. Coincidentemente, os teores médios de K no solo, nesse espaçamento, foram também muito baixos, ou seja, 46 mg dm<sup>-3</sup>, o que justifica as baixas produções.

Na análise dos teores de nutrientes do solo em 1990 (Quadro 44) verificou-se que os teores de K variaram em função dos espaçamentos de rua e dentro da fileira. Na rua, os teores médios variaram de 201, 186 e 145 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para os espaçamentos de 1,50; 2,25 e 3,00 m, o que representa, segundo a equação  $\bar{Y}(f. \text{ rua}) = 261,33 - 37,33.E$  ( $R^2 = 0,93$ ), decréscimo de 37,33 mg dm<sup>-3</sup> de K para cada metro de alargamento da rua. Dentro da fileira quando os espaçamentos variaram de 0,50; 1,00 e 1,50 m, os teores médios de K variaram também de 183, 186 e 164 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Na média dos espaçamentos, as adubações A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> apresentaram os teores de 179, 183, 189 e 158 mg dm<sup>-3</sup> de K, estatisticamente iguais. Segundo a CFSEMG (1989) teores de K no solo, entre 120 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, são considerados altos para cafeeiros em produção.

A análise dos teores dos nutrientes no solo, em função das doses de adubos aplicados, por espaçamento (Quadro 44) mostrou variações de resposta, especialmente do K nas ruas mais largas, de 2,25

Quadro 44 - Análise de variância das características químicas do solo, em função de três espaçamentos de rua, por três espaçamentos entre plantas na fileira e quatro doses de fertilizante, no ano de 1990

Características		pH	P	K	Ca	Mg	
Fonte de variação	GL	QM	QM	QM	QM	QM	
Bloco	2	0,31	273	2.309	104	21	
Rua (R)							
Linear (L)	1	1,00*	3.094**	57.404**	308**	27	
Quad (Q)	1	1,45*	4	4.099*	206*	69	
Fileira /R 1,50 m -	L	1	0,00	817*	1.291	150#	117*
	Q	1	0,48	841*	470	150#	1
Fileira /R 2,25 m -	L	1	1,74#	1.442*	1.838	963**	715*
	Q	1	0,11	80	470	9	26
Fileira d/R 3,00 m -	L	1	0,45	9	3.361#	28	1
	Q	1	0,06	147	4.232*	29	3
Resíduo (a)	16	0,20	164	923	34	25	
Adu./Esp.	Linear	1	0,03	667	913	11	35
(1,50x0,50m)	Quadrat.	1	0,19	300	481	5	1
	Cúbico	1	0,01	42	3.345	77	0
Adu./Esp.	Linear	1	0,01	25	1.602	52	0
(1,50x1,00m)	Quadrat.	1	0,16	80	616	133	24
	Cúbico	1	0,02	75	1.042	17	0
Adu./Esp.	Linear	1	0,01	2	602	107	28
(1,50x1,50m)	Quadrat.	1	0,33	0	8	161	4
	Cúbico	1	0,02	118	602	2	3
Adu./Esp.	Linear	1	0,06	431	8.284**	2	27
(2,25x0,50m)	Quadrat.	1	0,07	2	817	14	16
	Cúbico	1	0,01	1.675*	2.470	9	2
Adu./Esp.	Linear	1	0,04	240	290	96	17
(2,25x1,00m)	Quadrat.	1	0,08	261	33	147	0
	Cúbico	1	0,05	42	1.344	13	10
Adu./Esp.	Linear	1	0,33	1	34	0	25
(2,25x1,50m)	Quadrat.	1	0,04	91	5.504**	102	10
	Cúbico	1	0,01	99	184	4	18

Adu./Esp. (3,00x0,50m)	Linear	1	0,01	77	4.318*	150	34
	Quadrat.	1	0,01	21	2.380	4	24
	Cúbico	1	0,01	32	37	0	10
Adu./Esp. (3,00x1,00m)	Linear	1	0,07	406	277	28	2
	Quadrat.	1	0,01	192	5.002	80	27
	Cúbico	1	0,01	17	5	5	0
Adu./Esp. (3,00x1,50m)	Linear	1	0,07	47	742	25	9
	Quadrat.	1	0,05	52	3.571*	4	7
	Cúbico	1	0,02	16	829	5	2
Resíduo (b)		54	0,06	268	738	42	20
CV.% (a)			3,67	39	9	11	14
CV.% (b)			4,11	99	15	24	25

#, \*, \*\* Significativo, a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

a 3,00 m. Por causa da inconsistência desta resposta em relação aos demais espaçamentos, e da variabilidade dos teores de K entre as subparcelas, como relatado anteriormente, deixou-se de considerar este comportamento como resposta aos tratamentos e o considerou como erro experimental.

Quanto ao fósforo, no ano de 1990, os espaçamentos de rua de 1,50; 2,25 e 3,00 m apresentaram teores de 23, 16 e 10 mg dm<sup>-3</sup> e na fileira, de 0,50; 1,00; e 1,50 m, os teores foram de 22, 14 e 13 mg dm<sup>-3</sup>. As adubações A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> corresponderam em média a teores de 16, 17, 14 e 18 mg dm<sup>-3</sup>. Nesses casos, mesmos os níveis mínimos são considerados adequados para o cafeeiro, motivo suficiente para a falta de resposta a esse elemento.

#### 4.6. Análise econômica da produção

Embora se reconheça que o estudo econômico de uma cultura permanente deva considerar, explicitamente, o tempo como um insumo, no presente caso, dado às características do trabalho, optou-se por analisar apenas três importantes momentos produtivos da cultura,

ou seja, a primeira colheita, até a quarta (antes da recepa) e até a última colheita.

#### 4.6.1. Análise econômica da produção até a primeira colheita

##### 4.6.1.1. Custos

Constatou-se que tanto os custos de plantio quanto os de produção, até à primeira colheita, quando tomados por área de plantio, foram maiores quanto maiores os adensamentos. Por exemplo, o custo de plantio do cafezal de espaçamento de 3,00 m x 1,50 m foi de US\$699.00 ha<sup>-1</sup> e o de 1,50 m x 0,50 m foi de US\$3,128.00 ha<sup>-1</sup> (Quadro 45).

Quadro 45 - Custos operacionais até a primeira colheita, de cafezais 'Catuaí', em função de nove espaçamentos, 1995

Espaçamento (m)	Custo operacional de plantio (US\$1.00 ha <sup>-1</sup> )	Custo operacional até a 1 <sup>a</sup> colheita	
		US\$1.00 ha <sup>-1</sup>	US\$1.00 sc <sup>-1</sup>
1,50 x 0,50	3,128	5,974	56.67
1,50 x 1,00	1,708	4,460	36.68
1,50 x 1,50	1,241	3,567	37.71
2,25 x 0,50	2,143	4,609	51.71
2,25 x 1,00	1,206	3,625	41.71
2,25 x 1,50	876	2,807	36.13
3,00 x 0,50	1,674	3,932	48.30
3,00 x 1,00	946	2,804	39.38
3,00 x 1,50	699	2,500	39.18

Em média, ao se adensar as ruas, os custos de plantio cresceram à razão de US\$613.00 m<sup>-1</sup> e de US\$1,046.00 m<sup>-1</sup> de adensamento entre plantas na fileira. Da mesma forma, o custo operacional até a primeira colheita aumentou, em média,

US\$1,880.00 m<sup>-1</sup> por metro de adensamento entre plantas na fileira e US\$1,050.00 m<sup>-1</sup> de adensamento da rua.

Ao analisar os custos unitários por saco de café produzido, verificou-se que os maiores custos ocorreram quando o espaçamento entre plantas foi de 0,50 m e também que, neste caso, o custo foi crescente quando diminuiu o espaçamento entre fileiras (Quadro 45). Na média, o adensamento da rua cresceu apenas US\$1.00 saca<sup>-1</sup>. Por outro lado, regra geral, os menores custos unitários ocorreram quando o espaçamento entre fileiras foi de 1,50 m, embora não se verificou diferenças acentuadas para os espaçamentos correlatos de 1,00 m entre plantas na fileira.

Destaque especial pode ser dado aos espaçamentos de 2,25 x 1,50 m e 1,50 x 1,00 m que tiveram os menores custos por saca produzida. Vale observar que em condições de limitação de área para plantio - o que é condição mais comum - a opção mais viável foi a do espaçamento de 1,50 x 1,00 m, uma vez que, embora o custo seja mais alto que os demais, a sua produção por hectare foi maior que a produção alternativa representada pelo espaçamento de 2,25 x 1,50 m.

#### *4.6.1.2. Retorno financeiro*

Os cafeeiros, nos nove espaçamentos analisados, tiveram seus custos de implantação pagos com a primeira colheita. As relações benefício/custo na primeira colheita variaram de 1,8 na lavoura de espaçamento de 1,50 x 0,50 m, a 2,8 na de espaçamento de 2,25 x 1,50 m (Quadro 46). Essas relações indicam que para cada dólar investido até a primeira colheita houve o retorno mínimo de US\$1.80 para o espaçamento de 1,50 x 0,50 m e retorno máximo de US\$2.80

por dólar investido, quando se considera o espaçamento de 2,25 x 1,50 m.

Quadro 46 - Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) na primeira colheita, de cafezais 'Catuaí' em função de nove espaçamentos, 1995

Espaçamento (m)	Receita líquida (US\$1.00 ha <sup>-1</sup> )	Relação benefício/Custo
1,50 x 0,50	4,556	1,8
1,50 x 1,00	7,700	2,7
1,50 x 1,50	5,893	2,7
2,25 x 0,50	4,261	1,9
2,25 x 1,00	5,025	2,4
2,25 x 1,50	4,963	2,8
3,00 x 0,50	4,208	2,1
3,00 x 1,00	4,316	2,5
3,00 x 1,50	3.880	2,6

Os espaçamentos de 1,50 x 1,00 e 1,50 x 1,50 m apresentaram custos unitários quase iguais aos apresentados pelo espaçamento de 2,25 x 1,50 m. Neste caso, apesar de os custos envolvidos na produção com o espaçamento de 1,50 x 1,00 m serem superiores aos dos espaçamentos de 1,50 x 1,50 m e 2,25 x 1,50 m, o retorno absoluto desta alternativa de produção (US\$7,700.00 ha<sup>-1</sup>) foi bastante superior aos demais espaçamentos acima citados, o que coloca a distribuição de

plantas pelo espaçamento de 1,50 x 1,00 m como preferida em relação às outras, se o indicador para seleção for o retorno por área cultivada.

#### *4.6.2. Análise econômica da produção até a quarta colheita*

##### *4.6.2.1. Custos*

Os custos de produção até a quarta colheita, quando considerados por área de cultivo, foram crescentes à medida que diminuíram os espaçamentos de rua ou entre plantas na fileira. Por outro lado, quando se considera os custos unitários, por saca de café produzida, verifica-se que os custos operacionais diminuem à medida que os plantios tornam-se mais adensados. Nesse caso, ressalta-se a exceção relativa ao espaçamento de 1,50 x 0,50 m, que embora tenha sido o mais produtivo e o mais adensado, teve o terceiro maior custo unitário por saca produzida (Quadro 47).

O espaçamento de 1,50 x 1,00 m foi a alternativa testada que apresentou o menor custo operacional por saca produzida, com diferencial de 7,2% a menos que o segundo colocado, o espaçamento de 3,00 x 0,50 m, ambos apresentam 6.666 plantas ha<sup>-1</sup> e foram as opções que apresentaram a segunda e a terceira maiores produções, respectivamente.

Quadro 47 - Custos operacionais até a quarta colheita de cafezais 'Catuaí', em função de nove espaçamentos, 1995

---

Custo operacional até à 4<sup>a</sup> colheita

---

Espaçamento (m)	US\$1.00 ha <sup>-1</sup>	US\$ sc <sup>-1</sup>
1,50 x 0,50	9,240	41.92
1,50 x 1,00	7,489	34.72
1,50 x 1,50	6,605	38.80
2,25 x 0,50	7,639	41.36
2,25 x 1,00	5,811	41.33
2,25 x 1,50	5,520	42.26
3,00 x 0,50	7,299	37.43
3,00 x 1,00	5,338	39.22
3,00 x 1,50	5,096	49.14

#### 4.6.2.2. Retorno financeiro

Os índices benefício/custo (B/C) das diversas alternativas de adensamento estudadas, até a quarta colheita, mostram valores iguais ou superiores a dois o que indica a viabilidade econômica dessas opções de cultivo, com retorno mínimo de US\$2.00 para cada dólar investido (Quadro 48).

Contudo, destaca-se a alternativa representada pelo espaçamento de 1,50 x 1,00 m, que mostra o maior índice B/C, indicando ser ele o de maior retorno relativo. Verifica-se, também, ser esta a distribuição espacial que apresenta o maior retorno financeiro líquido, também em termos absolutos, de US\$14,081.00 por hectare cultivado, em quatro colheitas.



Quadro 48 - Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) até a quarta colheita, de cafezais 'Catuai' em função de nove espaçamentos, 1995

Espaçamento (m)	Receita líquida (US\$1.00 ha <sup>-1</sup> )	Relação benefício/custo
1,50 x 0,50	12,800	2,4
1,50 x 1,00	14,081	2,9
1,50 x 1,50	10,415	2,6
2,25 x 0,50	10,831	2,4
2,25 x 1,00	8,249	2,4
2,25 x 1,50	7,540	2,4
3,00 x 0,50	12,201	2,7
3,00 x 1,00	8,272	2,5
3,00 x 1,50	5,274	2,0

#### 4.6.3. Análise econômica da produção até a oitava colheita

##### 4.6.3.1. Custos

A exemplo do que foi observado nas análises anteriores, os custos operacionais, por área cultivada, envolvidos na condução de cafezais são crescentes quando se aumenta o adensamento de rua e entre plantas na fileira. Ao contrário, esses custos diminuem com o maior adensamento, quando tomados por unidade produzida. Nesse caso, verifica-se exceção quando se analisa os custos envolvidos na condução dos espaçamentos de 1,50 x 1,00 m e de 1,50 x 0,50 m (Quadro 49).

De maneira geral, os custos operacionais unitários de cada espaçamento, quando considerados até a oitava colheita, foram inferiores àqueles verificados na análise até a quarta colheita, o que indica ganho de eficiência econômica neste período. A ordem de grandeza entre os espaçamentos, no entanto, permanece constante entre os dois períodos analisados. Até a oitava colheita, também, os espaçamentos que apresentaram os menores custos de produção foram os de 1,50 x 1,00 m e de 3,00 x 0,50 m, ambos com 6.666 plantas ha<sup>-1</sup>.

Quadro 49 - Custos operacionais até a oitava colheita, de cafezais 'Catuaí', em função de nove espaçamentos, 1995

Espaçamento (m)	Custo Operacional	
	US\$1.00 ha <sup>-1</sup>	US\$ sc <sup>-1</sup>
1,50 x 0,50	11,645	36.50
1,50 x 1,00	10,428	33.10
1,50 x 1,50	9,211	36.40
2,25 x 0,50	10,734	37.90
2,25 x 1,00	9,694	40.00
2,25 x 1,50	8,595	41.90
3,00 x 0,50	9,822	35.60
3,00 x 1,00	8,900	42.50
3,00 x 1,50	7,978	45.30

#### 4.6.3.2. Retorno financeiro

As relações B/C encontradas até a oitava colheita indicam valores que variam entre dois e três. Nesses termos, pode-se afirmar que todas as alternativas são economicamente viáveis, na razão do retorno adicional de, pelo menos, uma unidade monetária para cada unidade gasta no custeio de lavoura (Quadro 50).

As alternativas mais rentáveis de distribuição espacial de plantas são representadas pelos espaçamentos de 1,50 x 1,00 m e de 3,00 x 0,50 m. Nessa ordem de importância, seguem-se também os espaçamentos de 1,50 x 0,50 m e de 1,50 x 1,50 m, ambos a exemplo do espaçamento de 1,50 x 1,00 m com espaçamento entre fileiras de 1,50 m. Em termos de retorno por unidade de área, as melhores opções de espaçamento são representadas pelos espaçamentos de 1,50 x 1,00 m (US\$21,072.00 ha<sup>-1</sup>) e de 1,50 x 0,50 m (US\$20,295.00 ha<sup>-1</sup>).

Quadro 50 - Receita líquida e relação benefício/custo (B/C) até a oitava colheita, de cafezais 'Catuaí', em função de nove espaçamentos, 1995

Espaçamento (m)	Receita líquida (US\$1.00 ha <sup>-1</sup> )	Relação benefício/custo
1,50 x 0,50	20,295	2,7
1,50 x 1,00	21,072	3,0
1,50 x 1,50	16,009	2,7
2,25 x 0,50	17,566	2,6
2,25 x 1,00	14,506	2,5
2,25 x 1,50	11,905	2,4
3,00 x 0,50	17,728	2,8

3,00 x 1,00	12,020	2,3
3,00 x 1,50	9,622	2,0

---

Tomando-se como indicador de eficiência o custo por saca, os mais baixos foram obtidos com 6.666 plantas por hectare, a saber, US\$ saca<sup>-1</sup> 33.10 e 35.60 (Quadro 49) e os mais altos, US\$42.50 e 45.30 nos plantios menos adensados de 2.222 e 3.333 plantas por hectare. Em Varginha (MG), MATIELLO (1995) obteve custos totais, incluindo depreciações, de US\$45.00 e US\$60.00 por saca, para os sistemas de cultivo adensado (7.140 pl ha<sup>-1</sup>) e renque (3.570 pl ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Nesses casos, os valores das depreciações foram de US\$10 a US\$13 por saca, respectivamente.

Em lavoura comercial, MARTIN et al. (1995) computaram custos operacionais de R\$42,54 e R\$69,83 por saca para os sistemas adensado e tradicional, respectivamente. Acrescidos das despesas financeiras, sociais e administrativas, que somam cerca de 40%, o custo total por saca foi elevado a R\$60,27 e R\$90,02, respectivamente.

Dessa forma, os custos operacionais obtidos neste trabalho mostram-se compatíveis com os demais estudos e salientam a vantagem comparativa do cultivo do café adensado sobre o cultivo tradicional.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

No sistema ecológico do cerrado, especificamente, em Patrocínio, Minas Gerais, estudou-se o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cafeeiro arábica, cultivar 'Catuaí', submetido a diversos graus de adensamento e níveis de adubação, no período de agosto de 1987 a setembro de 1989. Estudaram-se também a produtividade e as relações econômicas da produção em oito safras de café, colhidas de 1987 a 1994.

O desenvolvimento vegetativo foi avaliado pela altura das plantas, pelo diâmetro da base da copa e do caule, pelo número de ramos plagiotrópicos primários e seu número de nós e pelo crescimento de folhas. O desenvolvimento reprodutivo foi medido em termos da emissão de botões verdes e brancos, frutos chumbinhos e frutos verdes formados.

Os cafeeiros foram plantados em fevereiro de 1985 e apresentaram, na primeira safra colhida em junho de 1987, elevadíssima e pouco comum produtividade. Em conseqüência,

apresentaram sinais exteriores de debilidade, iniciando precocemente os ciclos bienais de produção, já na segunda safra.

Apesar do solo original, tipicamente de cerrado, ser pobre em nutrientes, as correções realizadas e as adubações constantes por cova, no plantio, pós-plantio e no primeiro ano, segundo e demais anos, nas suas menores doses (1.000 e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de 20-5-20, respectivamente), foram suficientes para suprir as demandas dos cafeeiros e inibiram as respostas esperadas às doses de fertilizante aplicadas.

A altura das plantas e o diâmetro da base da copa foram positivos e linearmente afetados pelo adensamento das plantas na fileira, ao contrário do diâmetro da base do caule. No entanto, o número de ramos plagiotrópicos primários, de nós e de folhas do ramo plagiotrópico primário não sofreu influência do adensamento.

O adensamento da rua influenciou positiva e linearmente a altura das plantas e negativamente o diâmetro do caule um ano mais tarde que o fator fileira, sem afetar os demais componentes vegetativos estudados.

Todos os componentes cresceram a partir de fins do inverno a meados do outono, a taxas máximas entre dezembro e fevereiro e mínimas, próximas de zero, durante o inverno, à exceção do diâmetro da base do caule que sempre apresentou algum crescimento durante o inverno.

Durante três períodos consecutivos de crescimento, a variação em altura correlacionou-se positivamente com a do diâmetro da base da copa e, negativamente, com a do diâmetro da base do caule e com a produção por planta.

O desenvolvimento reprodutivo visível, em 1987, teve início em meados de agosto, com a lenta formação de botões floríferos verdes, a

qual completou-se no final de setembro. Em 1987, a primeira transformação de botões verdes em brancos ocorreu em 14 de setembro, completou-se em 27 de outubro e foi sempre precedida de queda da temperatura e ocorrência de chuva. As diferenças de intensidade de floração entre os espaçamentos na rua, pelo menos aos 36 meses de idade dos cafeeiros, foram positivamente correlacionadas e associadas à produção do ano anterior, dificultando o relacionamento direto com o fator espaçamento.

A fase de chumbinho estendeu-se por cerca de 45 dias, com grande atraso no maior espaçamento na rua. Neste maior espaçamento houve atraso do crescimento dos botões brancos e da floração principal, o que se credita ao esgotamento das reservas energéticas das plantas, em decorrência da maior produção por planta, na safra antecedente.

Em 1987/88 as plantas ainda apresentavam 60% de frutos verdes, nove meses após a antese, o que caracterizou o desenvolvimento reprodutivo, em Patrocínio, nesse ano, como bastante longo em relação às regiões cafeeiras do sudeste.

Todas as estruturas reprodutivas formadas e suas relações, exceto o vingamento de botões brancos, foram correlacionadas, linear e negativamente, com os espaçamentos nas ruas e com a produção por planta na safra antecedente.

A perda de estruturas reprodutivas foi muito elevada em 1987/88. Apenas 29% dos botões brancos transformaram-se em frutos completamente desenvolvidos.

Apenas no espaçamento de 1,50 m de rua a produtividade por área foi função quadrática do adensamento na fileira. Na média das quatro primeiras colheitas o ótimo é esperado com 0,70 m e 9.500 plantas por hectare. Nos maiores espaçamentos de rua (2,25 e 3,00 m)

a produtividade por área cresceu linearmente com o adensamento na fileira.

Na média dos espaçamentos na fileira, a produtividade por área também cresceu linearmente em função do adensamento da rua.

Por planta, a produção cresceu linearmente em função de maiores espaçamentos de rua e na fileira e decresceu com a idade da lavoura.

Os ganhos de produção resultantes do adensamento na rua, ocorridos na fase inicial da cultura, podem ser perdidos por podas precoces ou drásticas, e a falta de resposta à adubação deveu-se ao emprego de doses muito elevadas de fertilizantes.

Os custos de implantação da lavoura elevaram-se mais pelo adensamento de plantas na fileira que pelo adensamento na rua e os custos operacionais foram maiores nas lavouras mais adensadas, até primeira colheita, mas tenderam a se igualar com o crescimento da lavoura.

O custo de produção por saca, nos plantios adensados, foi maior na primeira colheita, mas foi cerca de 26% menor que nos plantios mais largos a partir da média das quatro primeiras colheitas.

A relação benefício/custo, na primeira colheita, foi mais vantajosa para os plantios menos adensados e se inverteu na média das quatro primeiras colheitas e na média de todas as oito colheitas.

As distribuições espaciais de 1,50 x 1,00 m e de 3,00 x 0,50 m, ambas com 6.666 plantas por hectare, apresentaram maior receita líquida por área e menor custo de produção por saca, o que as torna preferíveis especialmente nos momentos de preços desfavoráveis de mercado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUNDA, E.W.M., IMBAMBA, S.K., KUMAR, D. High density planting of coffee (I): Micro-climatic and related changes. *East African Agricultural and Forestry Journal*, v.45, n.2, p.130-132, 1979a.
- 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, 1979b.
- ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B., MIGUEL, A.E. Estudo de diversas modalidades de plantio concentrado em relação ao plantio tradicional do cafeeiro - cultivar Mundo Novo - no Sul de Minas Gerais. 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. Estudo de diversas modalidades de plantio concentrado em relação ao plantio tradicional do cafeeiro - cultivar Mundo Novo - no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas, MG. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERAE, 1983. p. 308-310.
- ALVES, J.D., CORDEIRO, A.T., RENA, A.B. Saturação lumínica da fotossíntese de diversos germoplasmas de *Coffea arabica* L.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambú-MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC, 1985. p. 133-134.

AMARAL, J.A.T., RENA, A.B., BARROS, R.S. et al. Periodicidade de crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fontes de nitrogênio, fotossíntese e redução do nitrato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, 1987, Campinas, SP. Resumos... Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1987. p. 118-120.

AMARAL, J.A.T. 1991. Crescimento vegetativo e estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio. Viçosa, MG: UFV, 1991.

ANDROCIOLI FILHO, A. Procedimentos para o adensamento de plantio e contribuição para o aumento de produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. Anais... Londrina: IAPAR, 1996. p. 249-275.

ARCILA, P.J. Aspectos fisiológicos de la producción de café (*Coffea arabica* L.). In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFETO - CENICAFÉ. (Ed.). TECNOLOGIA DEL CULTIVO DEL CAFÉ. 2.ed. Colombia, 1988. p. 59-109.

ARCILA, P.J., CHAVES, B. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. Cenicafé, v.46, p. 5-20, 1995.

BARROS, R.S., MAESTRI, M., MOREIRA, R.C. Source of assimilates for expanding flower buds of coffee. Turrialba, v.32, n.4, p. 371-377, 1982.

BARROS, R.S., MAESTRI, M., RENA, A.B. Coffee crop ecology. Tropical Ecology, v.36, n.1, p. 1-19, 1995.

BARROS, R.S., MAESTRI, M., COONS, P.M. The physiology of flowering in coffee: a review. Journal of Coffee Research, v.8, n.2. p. 29-73, 1978.

BONETA, G.E.G., BOSQUE, R. Effects of coffee two levels of fertilizer and frequency of their application. Journal of Agriculture, v.57, n.2, p. 89-95, 1973.

- BRANDO, C.H.J. Métodos de colheita e pós-colheita para preservação da qualidade do produto em cultivares com alta densidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR,. Anais... Londrina, PR: IAPAR, 1996. p. 231-247.
- BROWNING, G., FISHER, H.M. Shoot growth in *Coffea arabica* L. II. Growth flushes stimulated by irrigation. Journal of Horticultural Science, v.50, sn., p. 207-218, 1975.
- BROWNING, G., FISHER, N.M. High density coffee: Yields 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. Efeito de espaçamentos progressivos de café - delineamento e resultados de 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 cinco primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 246-249.
- CAMARGO, A.P., ALMEIDA, S.R., MIGUEL, A.E. et al. Ensaio de espaçamento progressivos de café em Varginha, MG. Resultado das sete primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambú, MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC, 1985. p. 36-37.
- 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, sn., p. 99-120, 1971a.
- CANNELL, M.G.R. Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. III. Changes in the photosynthetic capacity of the trees. Kenya Coffee, v.36, sn., p. 68-74. 1971b.
- CANNELL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield. A review. Kenya Coffee, v.41, n.484, p. 245-253, 1976.

- CANNELL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M.N., WILSON, K.C. (Eds.). Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London. The AVI, 1985. p. 108-134.
- CARVALHO, M.M., SOUZA, P. Comportamento de cafeeiros em diferentes sistemas de plantio, antes e após a recepa, em Lavras, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, 1980, Campos do Jordão. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p. 399-402.
- CARVALHO, C.H.S., RENA, A.B., PEREIRA, A.A. et al. Relação entre a produção, teores de N, P, K, Ca, Mg, amido e seca de ramos do 'Catimor' (*Coffea arabica* L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, sn., p. 665-673, 1993.
- 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 Chimpinge. Zimbabwe Journal of Agricultural Research, v.22, sn., 119-132, 1984.
- CASTILLO, Z.J., LOPEZ, R.A. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. Cenicafé, v.17, sn., p. 51-60, 1966.
- CLOWES, M. St. J., ALLISON, J.C.S. A review of the coffee planta (*Coffea arabica* L.). Its environment and management in relation to coffee - growing in Zimbabwe. Zimbabwe Journal of Agricultural Research, v.20, sn., p. 1-19, 1982.
- CLOWES, M. St. J., ALLISON, J.C.S. The growth and development of lateral branches in the top middle and bottom of pruned coffee trees in a hedgerow. The Zimbabwe Journal of Agricultural Research, v.21, sn., p. 115-134, 1983.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159 p.
- CORTÉS, S.L., SIMÓN, E. Diferentes tecnologías de cultivo en el cafeto *Coffea arabica* L. Cultivos Tropicales, v.12, n.3, p. 76-79, 1991.

- FAZUOLI, L.C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M. et al. (Eds.). Cultura do cafeeiro: Fatores que afetam a produtividade do cafeeiro. Piracicaba, SP: POTAFÓS. 1986. p. 87-113.
- FISHER, N.M., BROWNING, G. The water requirements of high density coffee. 1. Responses to irrigation and plant water stress measurements. Kenya Coffee, Nairobi, v.43, n.503, p. 43-46, 1978.
- GARCIA, A.W.R., MARTINS, M., LACERDA, M.P. et al. Níveis e relação NK na formação de cafezais plantados em espaçamentos adensados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 330-333.
- GUIMARÃES, P.T.G., BARTHOLO, G.F., MELLES, C.C.A. et al. O acompanhamento de lavouras de café. Informe Agropecuário, v.14, n.162, p. 12-25, 1989.
- GUIMARÃES, P.T.G., NACIF, A.P., BARTHOLO, G.F. Produtividade de cafeeiros adensados nas condições do cerrado de Patrocínio-MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÊ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. Anais... Londrina, PR: IAPAR, 1996. p. 302-303.
- GUISCAFRE, J., GÓMEZ, L.A. Studies on the root system of *Coffea arabica* L. I. Environmental condition affecting the distribution of coffee roots in Coloso Clay. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, v.22, n.2, p.227-262, 1938.
- HUXLEY, P.A. Seminar purpose. In: SEMINAR OF COFFEE GROWING IN KENYA, 1968, Nairobi. Proceedings... Ruiru: Coffe Research Foundation, 1969.
- HUXLEY, P.A. Some aspectss of the physiology of arabica coffee - the central problem and the need for a synthesis. In: LUCKWILL, L.C., CUTTING, C.V. (Eds.). Physiology of tree crops. New York: Academic, 1970. p. 255-268.
- JARAMILLO, R., VALENCIA, G. Los elementos climáticos e el desarrollo de *Coffea arabica* L. em Cinciná. Cenicafé, v.3, sn., p. 86-104. 1980.

- KUMAR, D., TIESZEN, L.L. Photosynthesis in ***Coffea arabica*** (I): Effects of light and temperature. *Experimental Agriculture*, v.16, sn., p. 13- 9, 1980.
- 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.
- LAZZARINI, V., MORAES, F.R.P., MORAES, M.V. et al. Experimentação cafeeira, 1920-1963. Campinas, SP: IAC, 1967. 292 p.
- LEON, J., FOURNIER, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de ***Coffea arabica*** L. Turrialba, v.12, sn., p. 65-74, 1962.
- MAESTRI, M., BARROS, R.S. Coffee. In: ALVIM, P.T., KOZLOWSKI, F. (Eds.). *Ecophysiology of tropical Crops*. New York: Academic, 1977. p. 249-278.
- MARTIN, N.B., VEGRO, C.L.R., MORICOCCHI, L. Custos e rentabilidade de diferentes sistemas de produção de café, 1995. *Informações Econômicas*, v. 25, sn., p. 36-47, 1995.
- MATIELLO, J.B., SANTINATO, R. CARVALHO, D.C. Espaçamento e condução das plantas. In: *A moderna cafeicultura nos cerrados*. Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 27-36.
- 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. 102 p.
- MENDES, A.N.G., GUIMARÃES, P.T.G., MELLES, C.C.A. et al. Estudo do espaçamento entre e dentro de ruas para as cultivares Catuaí e Mundo Novo de ***Coffea arabica*** L. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. Anais... Londrina: IAPAR, 1996. p. 300-301.
- MENDES, J.E.T., MAMPRIM, O.A., LAZARRINI, V. Ensaio de espaçamento e número de pés por cova, com a variedade

- Maragogipe A. D. In: LAZZARINI, V., MORAES, F.R.P., MORAES, S.V. et al. (Eds.). Experimentação cafeeira - 1929-1963. Campinas: IAC, 1967. p. 75-77.
- MESTRE, A., OSPINA, F. CENICAFÉ, avances tecnicos. Chinchiná, Caldas, Colombia: CENICAFÉ, 1994. (Circular, 200).
- MIGUEL, A.E., ALMEIDA, S.R., MATIELLO, J.B. et al. Efeito da redução do espaçamento entre plantas na fileira, em cultivares Catuaí Vermelho e Mundo Novo, plantados no sistema adensado e convencional. Resultados das três primeiras colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13, 1986, São Lourenço, MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1986a. p. 94-96.
- MIGUEL, A.E., MATIELLO, J.B., ALMEIDA, S.R. Espaçamento e condução do café. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M. et al. (Eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas do Potássio e do Fosfato, 1986b. p. 303-322.
- MIGUEL, A.E., PAULINO, A.J., MATIELLO, J.B. et al. Comparação entre sistemas de plantio concentrado e o plantio tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, 1979, Araxá, MG. Resumos... Rio de Janeiro: MIC/IBC/GERCA, 1979. p. 167-168.
- MIGUEL, A.E., PAULINO, A.J., MATIELLO, J.B., JABOR, J.F. et al. Comparação entre sistemas de plantio condensado e o plantio tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9, 1981. São Lourenço, MG. Resumos... Rio de Janeiro: MIC/IBC/GERCA, 1981. p. 360-363.
- MITCHELL, H.W. Research on close-spacing systems for intensive coffee production in Kenya. Kenya Coffee, v.41, n.485, p. 124-136, 168-174, 241-244, 281-293, 1976.
- MITCHELL, H.W. Cultivation and harvesting of the arabica coffee tree. **In:** Clark, R.J., MACRAE, R. (Eds.). Coffee. London: Elsevier, 1988. v.4., p. 43-90.
- MOHR, H., SCHOPFER, P. Plant Physiology. Berlin, Germany: Springer, 1995. 629 p.

- NJOROGE, J.M., WAITHAKA. K., CHWEYA, J.A. The influence of tree training and plant density on growth, yield components and yield of Arabica coffee cv. RUIRU 11. *Journal of Horticultural Science*, v.67, n.5, sn., p. 695-702, 1992.
- NJOROGE, J.M., KIMEMIA, J.K. Influence of tree training and plant density on yields of an improved cultivar of ***Coffea arabica***. *Experimental Agriculture*, v.30, sn., p. 39-44, 1994.
- NUNES, M.A., BIERHUIZEN, J.F., PLOEGMAN, C. Studies on the productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis of ***Coffea arabica***. *Acta Botanica Neerlandica*, v.17, n.2, p. 93-102, 1968.
- PAVAN, M.A. BINGHAM, F.T., PRATT, P.F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. *Turrialba*, v.35, n.2, p. 131-139, 1985.
- PAVAN, M.A., CARAMORI, P.H., ANDROCIOLI FILHO, A. et al. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de lavoura cafeeira. I: - influência na fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, n.2, p. 187-192, 1986.
- PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O CAFÉ ADENSADO, 1994. Londrina, PR. Anais... Londrina, PR: IAPAR, 1996. p.87-105.
- PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D., SIQUEIRA, R. et al. Densidad poblacional de cafetos influenciando la fertilidad del suelo. In: SIMPÓSIO DE CAFEICULTURA LATINOAMERICANA, 16, 1993, Managua, Nicaragua. Resumos... Nicaragua: IICA/PROMECAFÉ, 1993. p. 112.
- RENA, A.B., CALDAS, L.S., JOHNSON, C.E. Fotossíntese e o depauperamento de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas, MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 171-172.



- RENA, A.B., NACIF, A.P., GUIMARÃES, P.T.G. et al. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O CAFÉ ADENSADO, 1994. Londrina, PR. Anais... Londrina, PR: IAPAR, 1996. p. 71-85.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. Informe Agropecuário, v.11, sn., p. 26-40, 1985.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M. et al. (Eds.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas do Potássio e do Fósforo, 1986. p. 13-85.
- RENA, A.B., BARROS, R.S., MAESTRI, M. et al. Coffee. In: SCHAFTER, B., ANDERSEN, P.C. (Eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Sub-tropical and tropical crops. Boca Raton, Florida, USA: CRC, 1994, v.2, p. 101-122.
- RIVERA, R. Densidad de plantacion y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado en el cultivo del cafeto, variedad Caturra, sobre suelos ferralíticos rojos compactados. Cultivos Tropicales, v.12, n.3, p. 5-8, 1991.
- SALAZAR, J.N., CORCHUELO, G., CLAVIJO, J. Características morfofisiológicas asociadas con el rendimiento del café. Agronomía Colombiana, Bogotá, v.5, sn., p. 69-74, 1988.
- SANTINATO, R., MATIELLO, J.B., SILVA, W.J. et al. Espaçamentos (hiper, super e adensado) na rua e na fileira de plantio para cafeeiros resistentes à ferrugem, variedades Icatú 2944, Catuaí e Mundindú. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 20, 1994, Guarapari. Resumos... Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1994. p. 176-180.
- SIQUEIRA, R., ANDROCIOLI FILHO, A., CAROMORI, P.H. 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 CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambu-MG. Resumo... Rio de Janeiro: IBC, 1985. p. 56-58.

- SÖNDAHL, M.R., SHARP, W.R. Research in **Coffea** spp. and applications of tissue culture methods. In: SHARP, W.R., LARSEN, P.O., PAADDOCK, C.F.I. et al. (Eds). Plant cell and tissue culture: principles and applications. Columbus: Ohio State University, 1979. p. 527-584.
- TAIZ, L., ZIEGER, E. Plant Physiology, Califórnia, USA: The Benjamim/Cummings, 1991. 559 p.
- TOLEDO, A.R., MIGUEL, A.E., MATIELLO, J.B. Estudo de diversos espaçamentos no plantio do cafeeiro - Mundo Novo LCP 379 - 19 - Resultado de sete colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal, Resumos... Rio de Janeiro: Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel Carlos Gonçalves"/IBC, 1990a. p. 118-119.
- TOLEDO, A.R., MIGUEL, A.E., GARCIA, A.W.R. Comportamento do cafeeiro 'Mundo Novo', em produção, submetido a poda de eliminação da muda dupla. Resultado de quatro colheitas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal. Resumos... Rio de Janeiro: Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel Carlos Gonçalves"/IBC, 1990b. p. 119-221.
- TOLEDO, S.V. Espaçamentos, número de plantas por cova e condução da planta e seus efeitos na produção de cafeeiros Mundo Novo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, 1979, Araxá. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p. 47-50.
- URIBE, A. SALAZAR, N. Distancia de siembra y dosis de fertilizante en la producción de café. Cenicafé, v.32, n.3, p. 88-105, 1981.
- VALENCIA, G. Relación entre el índice de area foliar y la productividad del cafeto. Cenicafé, v.24, n.4, p. 79-89. 1973.
- 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., FREIRE, D. Efeito de espaçamentos progressivos na produção de café por cova e por área.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p. 171-173.

VIANA, A.S., GARCIA, A.W.R., LACERDA, M.P. et al. Níveis e relação N/K em cafezais plantados em espaçamento 2 x 1 m. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambú, MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. p. 66-69.

VOLTAN, R.B.Q., FAHL, J.I., CARELLI, M.L.C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.4, n.2, p. 99-105, 1992.

WORMER, T.M. The growth of the coffee berry. Annals of Botany, v.28, n.109, p. 47-55, 1964.

YAMAGUCHI, T., FRIEND, D.T.C. Effect of leaf age and irradiance on photosynthesis of *Coffea arabica*. Photosynthetica, v.13, sn., p. 271-278, 1979.