

CATALINA JARAMILLO BOTERO

Avaliação do Desenvolvimento Vegetativo e Reprodutivo  
de Cafeeiros sob níveis de sombreamento e adubação.

Tese apresentada à  
Universidade Federal de  
Viçosa como parte das  
exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia,  
para obtenção do título de  
“Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

...Ser artista não significa calcular e contar, mas sim amadurecer como a árvore que não apressa a sua seiva e enfrenta tranqüila as tempestades da primavera, sem medo de que depois dela não venha nenhum verão. O verão há de vir. Mas vira só para os pacientes, que aguardam num grande silêncio intrépido, como se diante deles estivesse a eternidade. Aprendo-o diariamente, no meio de dores a que sou agradecido. A paciência é tudo.

Rainer Maria Rilke  
Cartas a um jovem poeta.

## **AGRADECIMENTOS**

A todas as pessoas que colocaram suas mãos, idéias e coração para que este trabalho de pesquisa se pudesse realizar.

## **BIOGRAFIA**

CATALINA JARAMILLO BOTERO, filha de Santiago Jaramillo Betancur e Ligia Botero de Jaramillo, nasceu em Bogotá, Colômbia, no dia 02 de novembro de 1973.

Graduou-se em Agronomia, em dezembro de 1997, pela Universidade Nacional de Colombia.

Em 2001 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, MG.

## CONTEÚDO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1.INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA	5
Capítulo 1	
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CAFEEIROS SOB NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E ADUBAÇÃO.	
1.INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
1.Características da área de pesquisa	11
2.Tratamentos e delineamento experimental	12
3.Avaliações	13
3.1Radiação Fotossinteticamente Ativa	14
3.2.Desenvolvimento vegetativo	14
3.3.Relação entre desenvolvimento reprodutivo e vegetativo	14
4.Análise de dados	15
3.RESULTADOS	16
4.DISSCUSSÃO	21
5.CONCLUSÕES	25
LITERATURA CITADA	26
Capítulo 2	
DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO E PRODUÇÃO INICIAL DE CAFEEIROS SOB NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E ADUBAÇÃO.	
1.INTRODUÇÃO	29
2.MATERIAL E MÉTODOS	32
1.Características da área de pesquisa	32
2.Tratamentos e delineamento experimental	33
3.Avaliações	34
3.1Radiação Fotossinteticamente Ativa	34
3.2.Desenvolvimento reprodutivo e produção	35
4.Análise de dados	36
3.RESULTADOS	37
4.DISSCUSSÃO	43
5.CONCLUSÕES	47
LITERATURA CITADA	49

## RESUMO

JARAMILLO-BOTERO, Catalina, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Avaliação do Desenvolvimento Vegetativo e Reprodutivo de Cafeeiros sob níveis de sombreamento e adubação.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Conselheiros: Hermínia Emília Prieto Martinez, Paulo Roberto Cecon.

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar o efeito da disponibilidade de luz e nutrientes sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e sobre a produtividade de cafeeiros arábica, simulando as condições de competição em sistemas agroflorestais. Cafeeiros, plantados em 1989 e recepados em 1998, receberam diferentes doses de adubo em diferentes níveis de sombreamento artificial a partir de dezembro de 2001. As doses de adubo consistiram de 100, 80, 60 e 40% da recomendação de 42 g/cova de N e 30 g/cova de K<sub>2</sub>O, com calagem uniforme de 20 g/cova em todas as parcelas. Os níveis de sombreamento consistiram de 0, 16, 32 e 48% de bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa. O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 4x4 no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições. O experimento foi instalado em latossolo vermelho-amarelo distrófico, exposição nordeste e 40% de declividade. Foram tomados dados da radiação fotossinteticamente ativa total, da disponível abaixo das telas sombreadoras e ao nível do solo abaixo das plantas. Todos os dados foram coletados trimestralmente, de outubro de 2001 a dezembro de 2002. O desenvolvimento vegetativo foi avaliado em quatro ramos plagiotrópicos, onde foram tomados dados de número de nós totais, comprimento do ramo, comprimento e largura de oito folhas, número de folhas e número de frutos, a partir dos quais foram geradas as variáveis incremento do comprimento de ramo, incremento do número de nós totais, área foliar por folha, área foliar por ramo, área máxima e área mínima por folha e por

ramo e o número máximo e mínimo de folhas, além de área foliar por fruto. O desenvolvimento reprodutivo foi avaliado nos mesmos ramos, onde se tomaram dados de número de nós produtivos, número de frutos nos diferentes estágios de maturação e número de botões florais na safra 2002 / 03, a partir dos quais se geraram as variáveis, número de frutos totais, peso de um fruto, produção, número de frutos por nó produtivo, Índices de Retenção, Maturação e Uniformidade de Maturação dos frutos e número de botões florais por nó. Quanto ao desenvolvimento vegetativo, conclui-se que: as plantas de café com três anos após recepa sofrem poucas modificações no desenvolvimento vegetativo como resposta às modificações das condições de luminosidade e nutrição durante o ano da primeira safra; a área foliar máxima do ramo e o número de folhas máximo foram as primeiras características que manifestaram efeito dos níveis de adubação, nas plantas sob 32 e 48% de bloqueio da RFA; existe um efeito negativo das combinações de alta adubação com baixa luminosidade e de baixa adubação com alta luminosidade, sobre as variáveis área máxima por folha e número máximo de folhas; aumento da quantidade de adubo em plantas a pleno sol, causa decréscimo no valor da relação entre área foliar e número de frutos; as plantas do cultivar Catuaí vermelho apresentam maior crescimento inicial durante a época quente e chuvosa do que na fria e seca, nas condições de Viçosa, MG, independentemente do nível de sombreamento imposto. Quanto ao desenvolvimento reprodutivo conclui-se que: houve uma relação direta entre o aumento da produção de frutos e a quantidade de adubo nas plantas a pleno sol; as plantas a pleno sol com 100% de adubação apresentaram uma produção comparável com as das plantas sob 48% de bloqueio da RFA com 40% de adubo; observou-se o efeito negativo sobre a produção nas combinações de alta radiação e baixa adubação e baixa de adubação e alta radiação; as plantas mais produtivas apresentaram maior número de frutos sem que exista diferença entre tratamentos para a característica número de nós; houve maturação tardia de todas as plantas; não houve efeito dos tratamentos sobre a uniformidade de maturação de frutos; as plantas sob 32% de sombra apresentaram alto índice de retenção de frutos quando adubadas com 70% da recomendação.

## ABSTRACT

JARAMILLO-BOTERO, Catalina, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2003. **Evaluation of vegetative and reproductive development of coffee plants under different shading and fertilizer levels.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Committee members: Hermínia Emília Prieto Martinez, Paulo Roberto Cecon.

This work aimed to study the effect of light and nutrient availability on the vegetative and reproductive development and yield of arabica coffee plants, simulating competition in agroforestry systems. 'Catuaí vermelho' coffee plants, planted in 1989 and pruned in 1998, received different fertilizers doses under different artificial shading intensity from December 2001 on. Fertilizers doses were 100, 80, 60 and 40% of the recommended 42 g / plant of N and 30 g / plant of K<sub>2</sub>O. Lime was applied in all plots at a 20 g / plant dose. Shade degrees were 0, 16, 32 and 48% block of photosynthetically active radiation (PAR). The experiment was set up in a 4 x 4 factorial design and three complete randomized blocks, on a Northeast exposition, 40% slope Oxisoil. All data were collected every three months from October 2001 to December 2002. It was measured the PAR over and under the shading cloth, and under the plants at soil level. The vegetative development was evaluated on four horizontal stems and it was collected data of total number of nodes, stem length, breadth and length of eight leaves, number of leaves and number of fruits. These data were expressed as stem length increment, total number of nodes increment, one leaf area, stem leaves area, maximum and minimum leaf area and stem leaves area, maximum and minimum number of leaves and the leaf : fruit ratio. The reproductive development was evaluated on the same stems and it was collected data of number of productive nodes, number of fruits at different ripening stages and number of floral buds on the 2002 / 2003 season. These data were expressed as total number of fruits, weight of one fruit, yield, the number of fruits :



productive node ratio, and Fruit Retention, Ripening and Ripening Uniformity Indexes, and the number of floral buds : node ratio. Coffee plants at just three years after pruning showed little differences on vegetative development when under different light and fertilizer conditions. The maximum stem leaves area and the maximum number of leaves were the first characteristics to respond to fertilizer level, on plants submitted to 32 and 48 % of PAR block. There is a detrimental effect of associations of high fertilizers doses with low PAR availability and low fertilizers doses and high PAR availability on the maximum leaf area and maximum numbers of leaves. Increasing fertilizers doses on coffee plants under full sunlight decreased the leaf area : fruit ratio. The growth rate of 'Catuaí vermelho' plants is greater during the warm rainy season than during the dry cold one under Viçosa – MG conditions, despite the shading intensity. There was a direct relation between yield and fertilizer supply on coffee plants under full sunlight, although these plants presented yield similar to plants submitted to 48% PAR block and 40% fertilizer level. It was observed a detrimental effect of associations of high fertilizer supply with low PAR availability and low fertilizer supply with high PAR availability on yield. More productive plants presented a higher numbers of fruits and there were no differences of numbers of productive nodes among treatments. All plants presented late ripening and there were no effect of treatments on fruit ripening uniformity. Plants under 32 % PAR block showed a higher fruit retention index when fertilized with 70% of the recommended dose.

## 1. INTRODUÇÃO

O café é uma das culturas mais tradicionais no Brasil e em países como Colômbia, México e Guatemala nos quais, durante vários anos, foi o produto agrícola que sustentou as economias crescentes.

A partir da década de 70 as plantações de café no norte da América Latina, que originalmente utilizavam os cultivares “típica” e “burbon”, associados com árvores leguminosas como *Gliricidia sepium*, *Inga* spp. e *Erythrina* spp. (SCHALLER et al., 2002), foram mudando para formas de produção modernas, caracterizadas pela redução da sombra, a utilização de grandes quantidades de insumos e de variedades melhoradas altamente dependentes destes últimos (NESTEL, 1995). Em 1996 a porcentagem de sistemas de produção convertidos em sistemas “modernos” chegou a variar entre 15% no México e 60% em Colômbia (PERFECTO et al., 1996)

Atualmente os baixos preços causados pelos excedentes de grãos (que entre o ano 2000 e 2001 excedeu em 7 milhões de sacos a demanda mundial) e os altos investimentos em insumos demandados pela cultura, estão fazendo que os agricultores dos países produtores atravessem uma grande crise (CARDENAS, 2001).

Frente à crise nos preços do café, alguns produtores têm encontrado uma opção na possibilidade de entrar no mercado dos cafés diferenciados pelas condições sob as quais são produzidos, os quais no mercado exterior podem ser reconhecidos com melhores preços do que o café comum, como é o caso dos

cafés sob sistemas agroflorestais, conservadores da biodiversidade (GOBBI, 2000; SOTO PINTO et al., 2000)

Estes sistemas retomam várias das características dos cafezais tradicionais do norte da América Latina, apresentando vantagens como a conservação do solo, reciclagem de nutrientes, manutenção e elevação da biodiversidade (ALTIERI, 1999), captura do carbono atmosférico (MONTENEGRO e ABARCA, 2000), regulação do ciclo hidrológico (ONG et al., 2000) e diminuição da taxa de desmatamento da mata nativa (MUSCHLER e BONNEMANN, 1997), trazendo benefícios globais, nos quais existe grande interesse mundial (IZAC e SANCHEZ, 2001).

O comportamento produtivo dos cafeeiros sob sombra é muito variado dependendo do local onde é desenvolvida a cultura, do cultivar de café utilizado e do manejo agrônômico que se dá ao sistema. Existem raros relatos de cafeeiros sob sombra com excelentes resultados produtivos, comparáveis com a produção de cafeeiros a pleno sol altamente tecnificados (MELLO e GUIMARÃES, 2000). A maioria das experiências relatam produções extremamente baixas com relação à produção de cafezais a pleno sol em condições similares de cultivo (BEER et al. 1998; CAMPANHA, 2001; NEVES, 2001).

Em alguns casos particulares, a menor produção do grão pode ser compensada economicamente com a produção de subprodutos do sistema agroflorestal como madeira (GONZALEZ, 1980), alimentos (JARAMILLO, 2001) ou pelo baixo investimento em insumos (HUEVELDOP et al., 1985).

Apesar dos sistemas agroflorestais em café terem numerosas vantagens ambientais, problemas de baixa produção devem ser resolvidos. A alta incidência e o difícil controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) (CARNEIRO FILHO e CAMARGO, 1987), a concorrência pelos recursos disponíveis entre as árvores associadas e a cultura (CAMARGO e SANTINATO, 1989) e o estresse das plantas devido às condições climáticas não adequadas (SEVERINO e OLIVEIRA, 1999), são alguns dos problemas que se apresentam nos sistemas de café sombreado.

Considerando que os sistemas agroflorestais com café podem ser uma alternativa para os agricultores da Zona da Mata de Minas Gerais, interessados na

conservação do ecossistema de mata natural e na produção de café, tem se considerado extremamente importante compreender melhor os fatores limitantes da produção nestas condições particulares.

Muito provavelmente a baixa produção dos cafeeiros sombreados é produto da concorrência por luz e nutrientes entre as árvores e a cultura, o qual foi tomado como ponto de partida para o presente trabalho de pesquisa. A partir deste fato foram elaboradas as hipóteses que explicam a ocorrência deste fenômeno e as características da planta que podem sofrer modificações sob diferentes condições de luz e nutrientes (Figura 1).

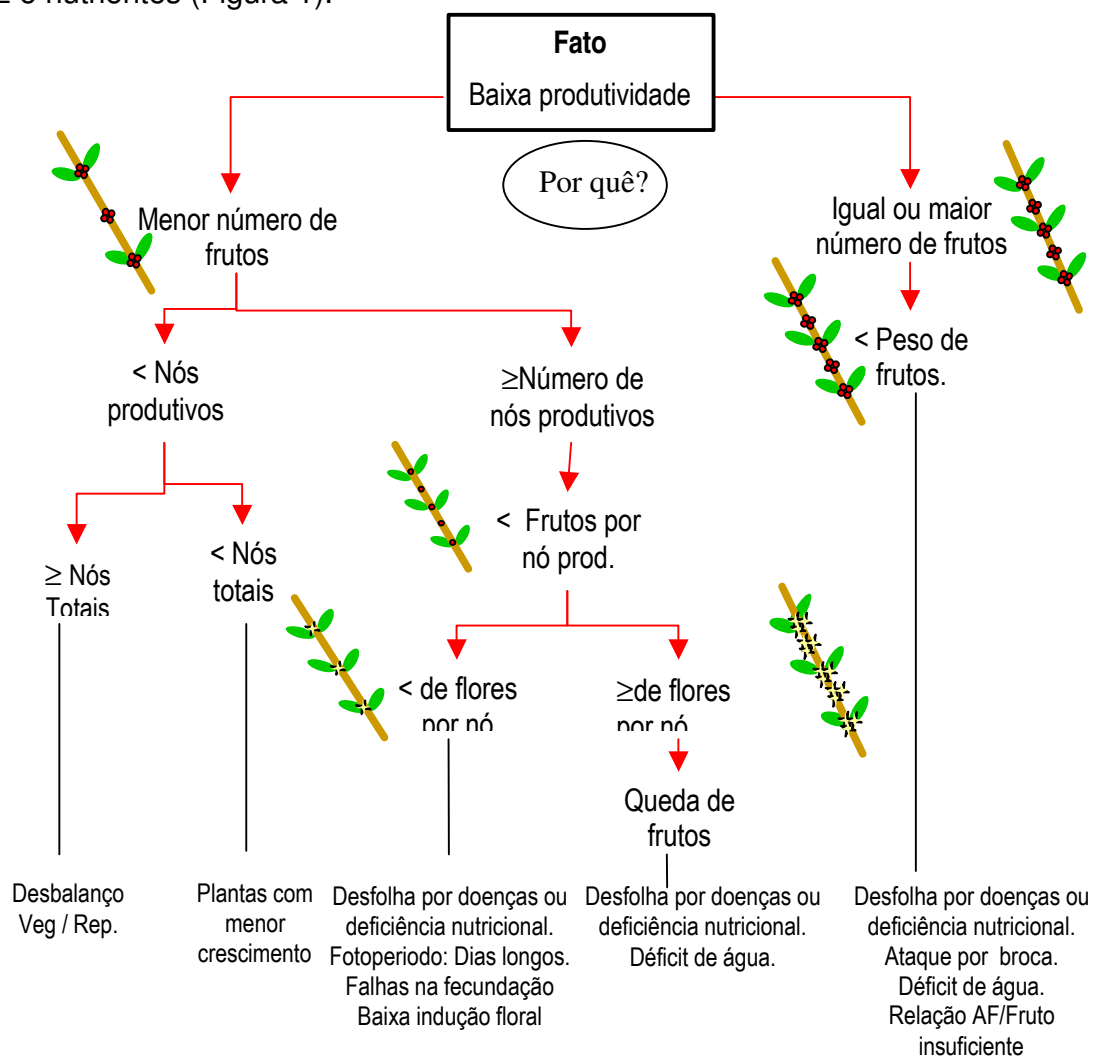


Figura 1. Possíveis modificações nas características das plantas de café que podem acontecer sob condições de competição por luz e nutrientes causando baixa produtividade e as hipóteses podem explicar este comportamento.

O seguinte trabalho de pesquisa tem como objetivo aprofundar o conhecimento do efeito da disponibilidade de luz e nutrientes sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e sobre a produtividade de cafeeiros arabica, simulando as condições de competição em sistemas agroflorestais.

## LITERATURA CITADA

ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v.74, p.19-31,1999.

BEER, J., MUSCHLER, D.K., SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139 – 164. 1998.

CAMARGO, A.P; SANTINATO, R. Efeitos da concorrência de diferentes espécies arbóreas e arbustivas como quebra-vento, na formação do cafezal – Parte II. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 15, Maringá, PR, Brasil. p. 205-207,1989.

CAMPANHA, M.M. **Análise comparativa de cafeeiros (*Coffea arábica* L) em sistema agroflorestal e monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa- MG, UFV, 2001. 132 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CARDENAS, G.J. Informe del gerente general. In: **LX Congreso Nacional de Cafeteros**. Santafé de Bogotá, Colômbia. p. 1-58, 2001.

CARNEIRO FILHO, F.; CAMARGO A.P.de.Observações preliminares sobre arborização em cafezal no Paraná. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 14, Campinas, SP. Brasil, p.65 – 66, 1987.

GOBBI, J.A. Is biodiversity-friendly coffee financially viable?. An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. **Ecological Economics**, v.33, p.267-281, 2000.

GONZALEZ, G.L.E. **Efecto de la asociación de laurel (*Cordia alliodora*) sobre a produção de café (*Coffea arábica*) com y sin sombra de poro (*Erythrina poeppigiana*)**. Turrialba, Costa Rica, IICA-CATIE. 1980. 110p. Tese (Magister Science), 1980.

HEUVELDOP, J.; ALPIZAR, O.; FASSBENDER, H.W.; ENRIQUEZ, C.; FOLSTER, H. Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica*) com Laurel (*Cordia alliodora*) y Café com Poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. II. Producción Agrícola, maderable y de Resíduos Vegetales. **Turrialba**, v.35, n.4, p.347-355, 1985.

IZAC, A.-M.N.; SANCHEZ, P.A. Towards a natural resource management paradigm for international agriculture: the example of agroforestry research. **Agricultural Systems**, v.69, p.5-25, 2001.

JARAMILLO, C.C.M. La Sostenibilidad en los Sistemas de Producción Cafeteros de Colombia. **LEISA, El Boletín de ILEIA para América Latina**, v.16, n.4, p.16

MELO, J.T.; GUIMARÃES, D.P. A cultura do café em sistemas consorciados na região do Cerrado. In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p. 963-966,2000.

MONTENEGRO, J.; ABARCA, S. Emisión de gases con efecto invernadero y fijación de carbono en el sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en Costa Rica. In: **XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura**, Costa Rica. p. 69- 86, 2000.

MUSCHLER, R.G.; BONNEMANN A., Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 91, p. 61-73, 1997.

NESTEL, D. Coffee in México: international market, agricultural landscape and ecology. **Ecological Economics**, v.15, p.165-178, 1995.

NEVES, Y.P. **Evolução da fertilidade do solo, retenção de umidade, crescimento vegetativo, produção e teores foliares de nutrientes em cafeeiros cultivados a pleno sol e consorciados**.Viçosa-MG, UFV, 2001.tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

ONG, C.K.; BLACK, CR.; WALLACE, J.S.; KHAN, A.A.; LOTT, J.E.; JACKSON, N.A.; HOWARD, S.B.; SMITH, D.M. Productivity, microclimate and water use in *Grevillea robusta* – based agroforestry systems on hillslopes in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v.80, p.121-141, 2000.

PERFECTO, I.; RICE, R.; GREENBERG, R.; VAN DER VOORT, M. Shade Coffe: A disappearing Refuge for Biodiversity. **BioScience**, v.46, n.8, p.598-608, 1996.

SCHALLER, M.; SCHROTH, G.; BEER, J.; JIMÉNEZ, F. Species and site characteristics that permit the association of fast-growing trees with crops: the case of *Eucalyptus deglupta* as coffee shade in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, n. 5935, p. 1-11, 2002.

SEVERINO, L.S.; OLVEIRA S. T de. Sistema de cultivo sombreado do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) na região de Baturité, Ceará. **Revista Ceres**, v.46, n.268, p. 635-652, 1999.

SOTO PINTO, L.; PERFECTO, I.; HERNANDEZ, C.J.; NIETO, C.J. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, n.80, p.61-69, 2000.



## **CAPÍTULO I**

### **DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CAFEZEIROS SOB NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E ADUBAÇÃO.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Frente à crise do café cultivado de modo convencional e a possibilidade de entrar no mercado dos cafés diferenciados, agricultores da América Central e Norte da América do Sul, estão convertendo os cafezais a pleno sol em sistemas agroflorestais, aproveitando a vantagem destes de permitir a conservação dos recursos naturais e a geração de outros produtos além do café, que podem ser comercializados localmente (MUESCHLER e BONNEMAN, 1997).

No Brasil, na Zona da Mata de Minas Gerais, tem se implantado sistemas agroflorestais com café que apresentam resultados positivos em termos organizativos, na conservação de solos e no aumento da biodiversidade (CARDOSO et al., 2001), embora a produtividade seja muito baixa (CAMPANHA, 2001 ; NEVES, 2001).

Algumas pesquisas mostram efeitos positivos da sombra sobre o desenvolvimento vegetativo de cafeeiros em sistemas agroflorestais, particularmente em condições climáticas adversas de déficit hídrico e ventos frios (SANTOS et al., 1992; MATIELO, 1989 a b), assim como grandes variações de temperatura, fortes ventos (MATIELLO, 1989 b) e solos erodíveis (MATIELLO et

al., 1987), nas quais as plantas a pleno sol apresentam menor crescimento do que as plantas protegidas pelas árvores.

Embora as plantas de café arábica tenham origem nas florestas da Etiópia, onde se encontram sob a proteção das árvores, os cultivares mais difundidos atualmente foram melhorados geneticamente para apresentar alta produção em condições de pleno sol. As plantas submetidas à sombra devem então se adaptar às condições de baixa radiação, mas apresentam diminuição de produção (Da MATTA e RENA, 2002).

As plantas de café sob sombra podem sofrer mudanças em algumas características morfológicas tais como o aumento da altura da planta, aumento da área foliar, diminuição da cera epicuticular nas folhas jovens (relacionada com a capacidade de refletir a luz) e orientação mais horizontal destas últimas, com a finalidade de aumentar a eficiência fotossintética (RENA et al., 1994).

Aparentemente as plantas sob sombra apresentam maiores taxas fotossintéticas do que plantas a pleno sol, uma vez que mantêm a temperatura das folhas na faixa ideal (16 – 25 °C) (FREITAS et al., 2000; MOSQUERA et al., 1999). Contudo não é possível relacionar as altas taxas fotossintéticas com alta produção (KHANNA-CHOPRA, 2000, citado por Da MATTA e RENA, 2002).

Nas plantas de café existe uma íntima relação entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Deve existir um equilíbrio entre estes, uma vez que grande alocação de fotoassimilados e nutrientes nos grãos freqüentemente leva à forte redução do crescimento vegetativo, inclusive com morte de ramos e ponteiros, reduzindo obrigatoriamente a safra do ano seguinte (CANNELL, 1985).

Em termos gerais, altas intensidades luminosas estão associadas a intenso crescimento vegetativo (crescimento de ramos, folhas e número de nós), florescimento, formação e enchimento de grãos e altas produtividades, desde que os demais recursos estejam disponíveis. Sob menores intensidades luminosas, o crescimento vegetativo é reduzido, assim como o florescimento e a produção, havendo portanto uma menor demanda pelos demais recursos, como água e nutrientes. Contudo, a magnitude dessas interações estão pouco estudadas e quantificadas, principalmente em variedades de alta produtividade em nossas

condições edafoclimáticas e, principalmente, a presença de árvores nos sistemas agroflorestais pode promover tanto uma redução da disponibilidade de luz quanto redução da disponibilidade de nutrientes e tais efeitos estão confundidos em tais sistemas.

Considerando importante aprofundar mais o conhecimento do comportamento dos cafeeiros sob sombra, foi realizado o seguinte trabalho de pesquisa, que teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo de plantas submetidas a diferentes níveis de luz e nutrientes, simulando a competição por estes fatores nos sistemas agroflorestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Características da área experimental:

O trabalho foi conduzido na área de pesquisa “Agronomia Aeroporto” na Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa (MG) a 20º 45’ Sul e 42º 51’ Oeste com altitude de 693 m. A região apresenta inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, sendo que em 2001 a precipitação média anual foi de 1148 mm/ano e a temperatura média anual de 20,65°C.

O solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com declividade de 40% e exposição nordeste apresentou, antes do início do experimento as características químicas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo (ano de 2001) <sup>(1)</sup>.

ANÁLISE QUÍMICA												
Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m
	H <sub>2</sub> O											
----cm----		-----mg dm <sup>3</sup> -----			-----cmolc dm <sup>3</sup> -----					-----%-----		
0 – 20	5,1	36,4	134	0,1	2,5	1,0	4,3	3,84	3,94	8,14	47	3

(1) pH: 1:2,5, KCl; PK: Extractor Mehlich 1; Al, Ca, e Mg: Estrator KCl 1 mol/L; H + Al: Extractor Ca (OAC) 2 ),5 mol/L pH 7.00; SB: Soma de Bases Trocáveis; V:Índice de Saturação de Bases; m: Índic de Saturação de Alumínio; t: Capacidade de troca catiônica efetiva; T: CTC a pH 7,0.

As plantas da espécie *Coffea arabica*, cultivar Catuaí Vermelho (CH 2077-2-5-99), foram plantadas em 1989 e recepadas em 1998. O espaçamento consistiu-se de 1 m entre plantas e 3 m entre fileiras, sendo colocada uma única planta por cova, para uma densidade de 3333 plantas/ ha.

## 2. Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 4x4 no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições, sendo as plantas submetidas a 4 níveis de sombra (0%, 16%, 32% e 48%)(Figura 1) e 4 níveis de adubação (100%, 80%, 60% e 40%). Cada parcela foi formada por 12 plantas (10 plantas de bordaduras e 2 úteis).

A sombra foi fornecida por tela sombreadora de diferentes malhas, colocada tanto nas laterais, quanto na parte superior da parcela. Os níveis de sombra foram determinados pela porcentagem de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) bloqueada pela tela sombreadora, medida por meio do Ceptômetro de barra (Sunfleck ceptometer type CEP, Delta-T Devices Ltd, England).

O nível de 100% de adubação, determinado por meio da análise do solo e da produção esperada, foi de 42 g/cova de N e 30 g/cova de K<sub>2</sub>O (RIBEIRO et al., 1999). A calagem, baseada na análise de solo, foi igual para todos os tratamentos sendo aplicadas 20 g de calcário dolomítico (PRNT 83%) por planta, em faixa na área de projeção da copa. A quantidade foi determinada segundo o método de elevação da saturação de bases para 60%.

A incidência de Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a infestação de Cochonilha (Coccinelidos) foram controlados no mês de fevereiro do 2002, com a aplicação de oxiclureto de cobre e óleo mineral respectivamente. O controle de ervas invasoras for realizado manualmente e com aplicação de glifosato.

O experimento foi iniciado em outubro de 2001 quando foi realizada a primeira avaliação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas antes da aplicação dos tratamentos. As doses de adubos, fracionadas em três vezes, foram aplicadas nos meses de novembro, dezembro de 2001 e janeiro de 2002. As telas

sombreadoras, localizadas na parte superior de cada parcela, foram colocadas em dezembro de 2002 e as laterais em abril de 2002.

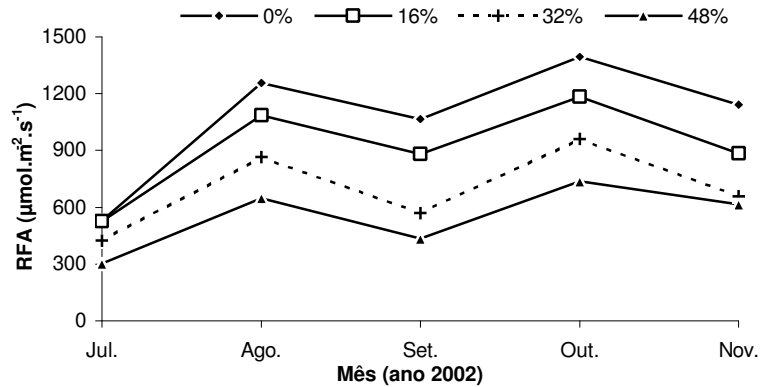


Figura 1. Equivalência da porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) bloqueada pela tela sombreadora, em  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

### 3. Avaliações

#### 3.1. Radiação Fotossinteticamente Ativa, Pluviosidade e Temperatura

Entre os meses de julho a novembro foram medidas a Radiação Fotossinteticamente Ativa Total (RFA fora da parcela,  $RFT_{\text{Tot}}$ ), Radiação Fotossinteticamente Ativa Disponível (RFA dentro da parcela, sobre as plantas,  $RF_d$ ), em três parcelas para cada nível de sombreamento, na dose de 100% da adubação, entre as 12:00 e 14:00 horas (Figura 2). Os registros se efetuaram com Ceptômetro (Sunfleck ceptometer type CEP, Delta-T Devices Ltd, England) que mede o fluxo de ftons fotossinteticamente ativos (com comprimento de onda entre 400 e 700 nm) registrados como  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

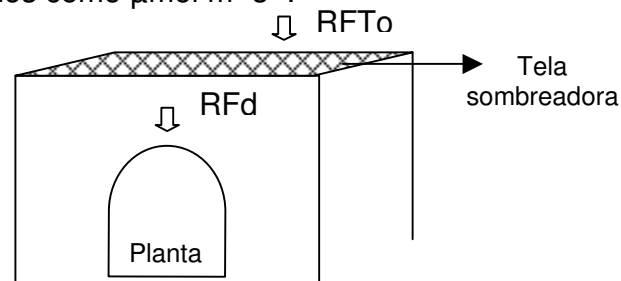


Figura 2. Localização dos pontos de medição da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA).

A informação sobre pluviosidade e temperatura foi obtida no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

### 3.2. Desenvolvimento vegetativo

Foram marcados quatro ramos plagiotrópicos localizados no terço médio das plantas, orientados em direção norte, sul, leste e oeste, sobre os quais foram realizadas as medições a cada três meses.

Nos ramos marcados foram medidos: Número de nós totais, comprimento do ramo (cm), comprimento e largura de oito folhas (cm) e registrado o número de folhas maiores que oito centímetros de comprimento.

A partir das medições foram determinados: o Incremento do comprimento de ramo e incremento de número de nós totais, calculados pela diferença entre o valor obtido na primeira e na última avaliação e área foliar por folha, calculada a partir da equação (BARROS e MAESTRI, 1972):

$$Y_{\text{folha}} = 0,667 X_{\text{folha}}$$

Onde: Y= Área estimada da folha (cm<sup>2</sup>)

X= Área do seu retângulo circunscrito (cm<sup>2</sup>)

A área foliar por ramo (cm<sup>2</sup>) foi calculada a partir do número de folhas por ramo e o valor médio da área foliar por folha.

Dos dados obtidos de área foliar de folha, área foliar de ramo e número de folhas, foram tomados valores máximos e mínimos obtidos durante os meses avaliados e definidas as variáveis: área máxima por folha (cm<sup>2</sup>), área foliar máxima por ramo (cm<sup>2</sup> / ramo) e número máximo de folhas assim como área mínima por folha (cm<sup>2</sup>), área foliar mínima por ramo (cm<sup>2</sup> / ramo) e número mínimo de folhas.

### **3.3. Relação entre desenvolvimento reprodutivo e vegetativo**

Nos ramos marcados foram coletados e contados o número de frutos produzidos e calculada a relação entre área foliar média do ramo e o número de frutos coletado.

### **4. Análise dos dados**

Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “F” adotando o nível de até 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.



## 2. RESULTADOS

Não houve efeito da adubação, do sombreamento nem da interação entre estes fatores sobre as variáveis Incremento do número de ramos (NR), Incremento do comprimento do ramo (C), Incremento do número de nós totais (NN), Número de folhas mínimo (NFMIN), Área mínima por folha (AFFMIN), Área foliar mínima por ramo (AFRMIN), Área máxima por folha (AFFMAX), cujos valores médios são apresentados na Quadro 1.

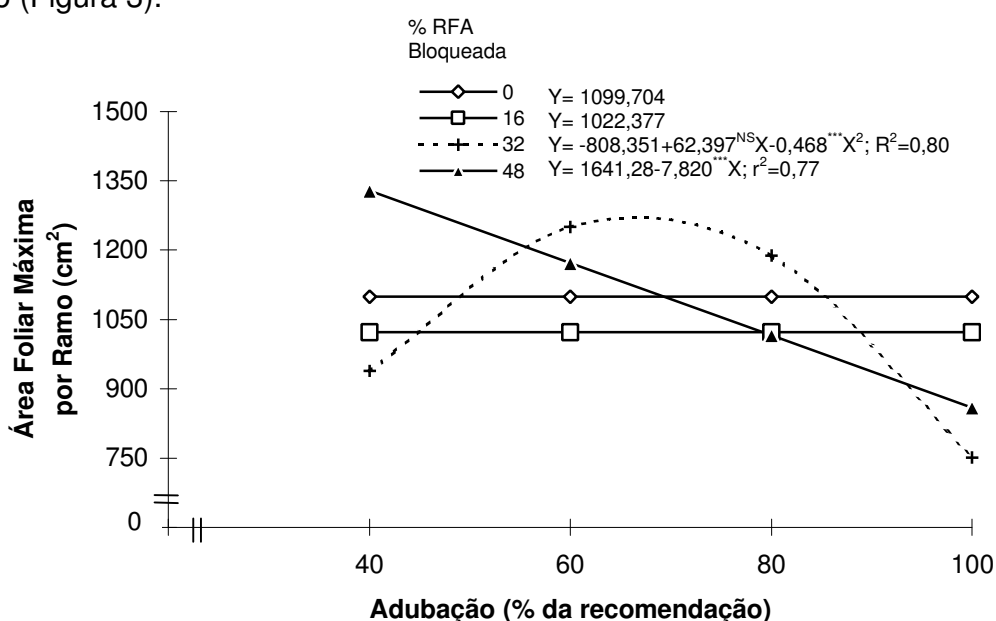
Quadro 1. Incremento do número de ramos (NR), Incremento do comprimento do ramo (C), Incremento do número de nós totais (NN), Número mínimo de folhas (NFMIN), Área mínima por folha (AFFMIN), Área foliar mínima por ramo (AFRMIN) e Área máxima por folha (AFFMAX), em cafeeiros sob diferentes níveis de sombreamento e adubação. Médias de 4 níveis de adubação e 4 níveis de sombreamento.

NR	C (cm)	NN	NFMIN	AFFMIN	AFRMIN (cm <sup>2</sup> )	AFFMAX
1,934	50,493	17,747	5,463	21,612	205,586	46,912

Nas plantas submetidas aos diferentes níveis de sombra e adubação, as características que evidenciaram mudanças morfológicas foram a área foliar

máxima por ramo e o número máximo de folhas por ramo. Para estas variáveis houve efeito das doses de adubo nos níveis de 32% e 48% de bloqueio da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA). As plantas sob 0% e 16% de bloqueio da RFA não apresentaram efeito da adubação, sendo maior a área foliar máxima por ramo sob 0% do que sob 16% de bloqueio da RFA (Figura 3).

A área foliar máxima por ramo das plantas submetidas a 32% de bloqueio da RFA foi obtida com 66,65% da adubação, enquanto que sob 48% de bloqueio da RFA a área foliar máxima por ramo decresceu linearmente com o aumento da adubação (Figura 3).

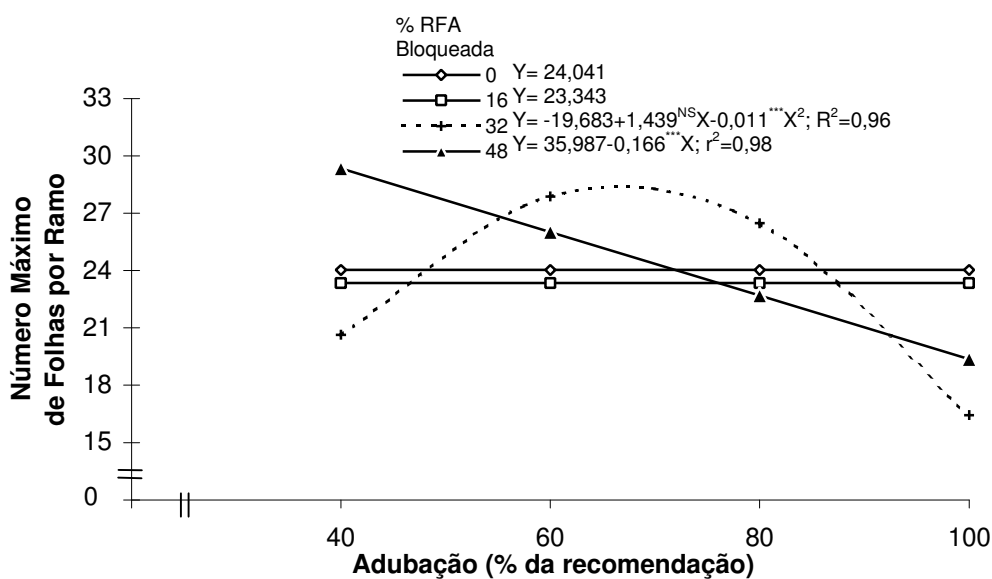


NS = Não significativo pelo teste "F". \*\*\* = Significativo a 10% pelo teste "F".

Figura 3. Área foliar máxima por ramo (Y) em função do nível de adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio de RFA (% Radiação Fotossinteticamente Ativa).

O número máximo de folhas por ramo foi observado no mês de janeiro e apresentou comportamento similar à área foliar máxima por ramo (Figura 4).

O maior número de folhas por ramo foi de 29,3 folhas, verificado nas plantas sob 48% de bloqueio da RFA e 40% de adubação. O menor valor encontrado para o número máximo de folhas foi de 19,3 folhas correspondente ao tratamento de 32% de bloqueio da RFA e 100% de adubação (Figura 4).



NS = Não significativo pelo teste "F". \*\*\* = Significativo a 10% pelo teste "F".

Figura 4. Número máximo de folhas por ramo (Y) em função do nível de adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio de RFA (% Radiação fotossinteticamente ativa).

Quanto à variável área foliar por fruto, que relaciona o desenvolvimento vegetativo com a produção, somente houve efeito da adubação sobre as plantas submetidas a pleno sol (0% de bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa), apresentando um comportamento decrescente na medida em que aumentou a dose de adubo. As plantas adubadas com a dose recomendada, sustentaram os frutos com menor área foliar do que as plantas fornecidas com baixas quantidades de adubo (Figura 5). Para os níveis de adubação estudados, o maior valor foi de 32,6 cm<sup>2</sup> por fruto e o menor 15,33 cm<sup>2</sup>.

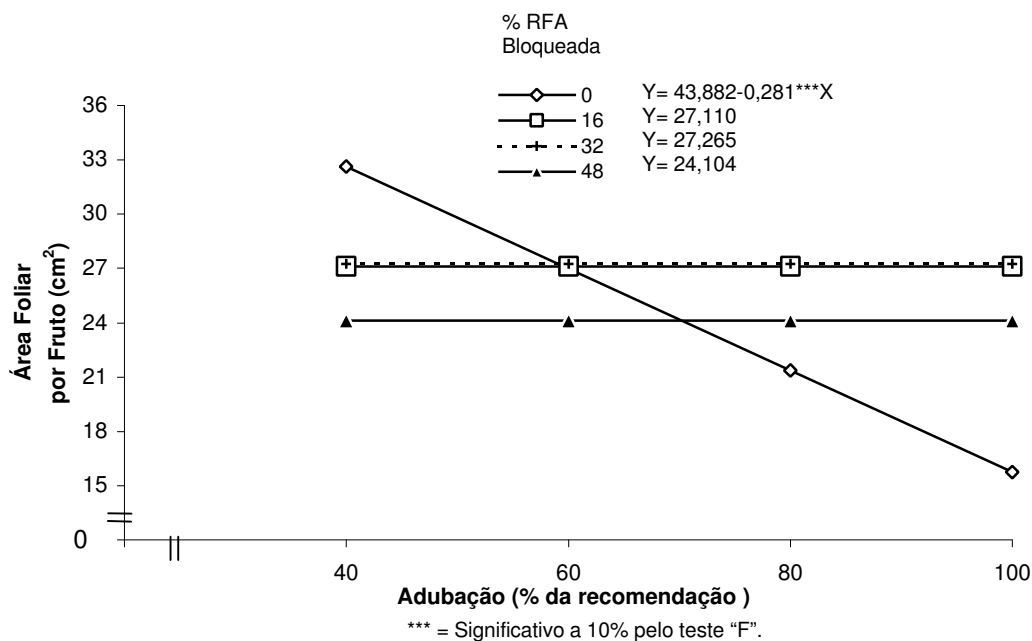


Figura 5. Área foliar por fruto (Y) em função do nível de adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio de RFA (% Radiação fotossinteticamente ativa).

Foi observado rápido incremento do comprimento de ramos e do número de nós durante os meses de outubro, novembro e dezembro, enquanto nos meses de julho e setembro o incremento foi menor. O incremento no número de ramos teve menor variação ao longo dos meses (Figura 6).

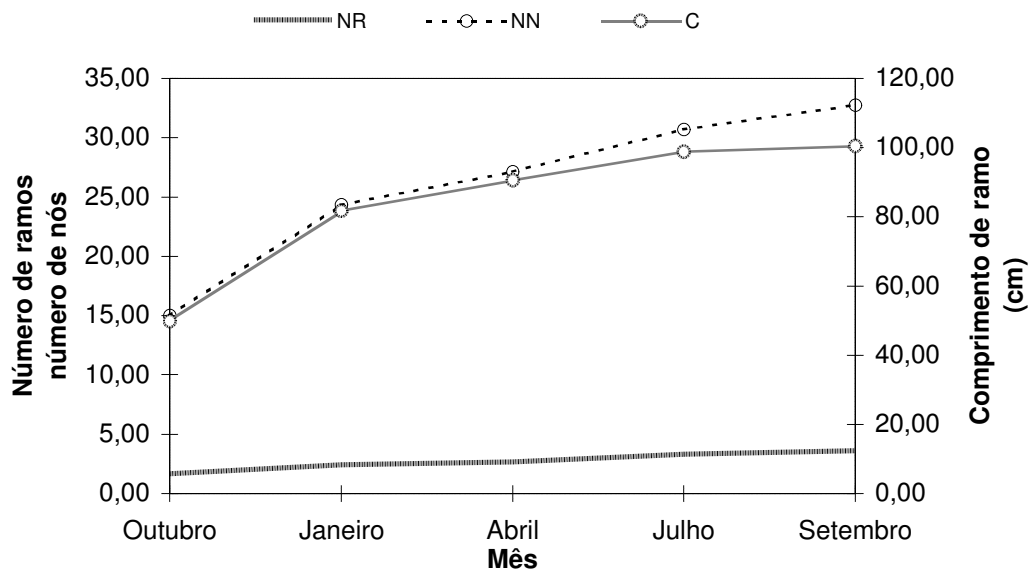


Figura 6. Comportamento do número de ramos (NR), número de nós (NN) e comprimento do ramo (C) em plantas de café submetidas a diferentes níveis de bloqueio de RFA (% Radiação Fotossinteticamente Ativa) entre outubro de 2001 e setembro do 2002. Médias de 4 níveis de adubação e 4 níveis de sombreamento.

Os dados de precipitação e temperatura para o período compreendido entre outubro de 2001 e setembro de 2002 se encontram na Figura 7.

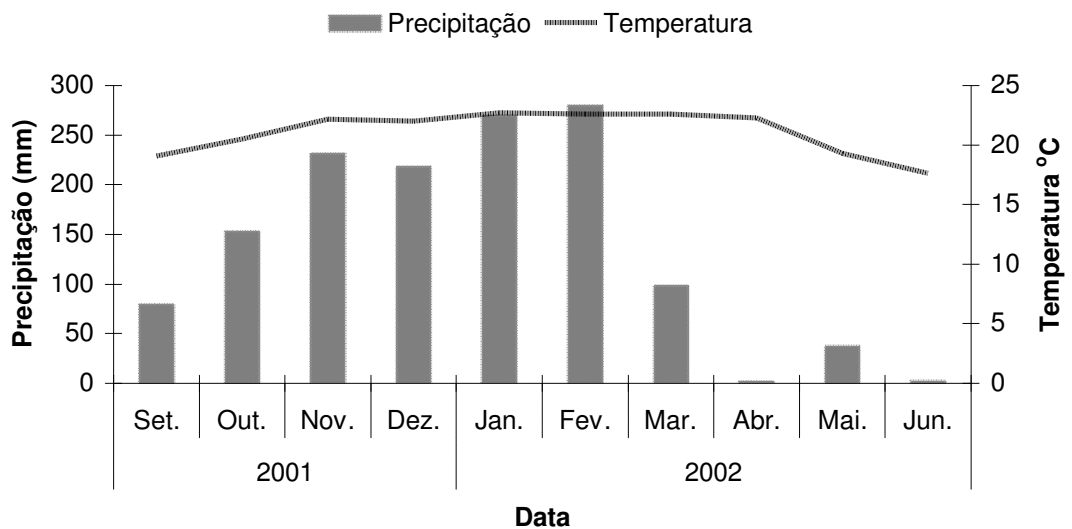


Figura 7. Precipitação acumulada mensal (mm) e temperatura média mensal (°C), obtidas na Estação Meteorológica de Viçosa, MG, entre setembro do 2001 e junho 2002.

### 3. DISCUSSÃO

O efeito do adubo, da sombra e da interação entre estes, sobre poucas das variáveis avaliadas era esperado, uma vez que se trata da primeira safra das plantas, que podem ter sido pouco exigidas em termos de sustentação de frutos devido à baixa frutificação.

O efeito da baixa disponibilidade de nutrientes sobre algumas plantas, muito possivelmente demorará em ser evidente, uma vez que estas possuem o sistema radicular desenvolvido, que permite aproveitar um maior volume de solo e portanto maior quantidade de nutrientes. Além disso são plantas que durante os anos anteriores foram adubadas de acordo com a recomendação. Muito possivelmente, as plantas conseguiram acumular carboidratos e minerais de reserva no caule e nas raízes grossas durante os anos anteriores, que podem ter sido aproveitados para manter, por um período inicial, o vigor da planta, embora estivessem sob limitada disponibilidade de nutrientes.

No caso das plantas submetidas à baixas quantidades de adubo terem usado as reservas estocadas nos órgãos vegetativos, pode ter ocorrido morte de raízes, ponteiros e queda de folhas, que podem causar depauperamento e baixa produção nas plantas durante os ciclos produtivos posteriores, como relatado por CANNELL (1985).

Segundo CANNELL (1971), as plantas de café investem grande parte da matéria seca (40% da matéria seca total) na formação de tecidos fotossintéticos, dando-lhes prioridade sobre outras partes da planta, o que pode explicar, em parte, a ausência de efeito dos tratamentos observado sobre as variáveis incremento do comprimento dos ramos e incremento do número de nós.

O fato da área foliar máxima por ramo e o número máximo de folhas serem as primeiras características em manifestar o efeito dos tratamentos, é coincidente com o observado por RENA e MAESTRI (1986), que consideram as folhas como órgãos com alta sensibilidade às mudanças ambientais, principalmente a luminosidade.

Os maiores valores de área foliar máxima por ramo obtidos em plantas com 48 e 32% de bloqueio da RFA, possivelmente se devam mais ao número máximo de folhas, do que à área foliar máxima por folha, para a qual não houve efeito dos tratamentos. Um comportamento similar foi observado por CASTILLO et al., (1997), em cafezais adensados, nos quais o auto sombreamento das plantas causou incremento do índice de área foliar, embora houvesse redução da área foliar em folhas individuais.

A maior área foliar nas plantas sob sombra apresentada durante o experimento, tem sido observado em numerosas pesquisas (CAMPANHA, 2001; CARELLI et al., 2001; SOUZA et al., 2000), sendo uma característica que apresenta alta variabilidade dependendo das condições climáticas. Fatores influenciados pela sombra como a temperatura das folhas e a umidade do solo, que afetam a eficiência fotossintética, podem causar modificações na área foliar por folha sem que o efeito possa ser atribuído exclusivamente à baixa radiação (BARROS et al., 1997; FREITAS et al., 2000; RENA e MAESTRI, 1986).

O efeito benéfico da sombra sobre o aspecto vegetativo apresentado pelas plantas durante o experimento, é freqüente em cafeeiros sob sombra crescendo nas mais variadas condições climáticas, desde o cerrado (MATIELLO et al., 1989) até as regiões com clima tropical (MUSCHLER, 1997). Mesmo em cafeeiros sob condições climáticas adversas como ventos frios e déficit hídrico tem sido observado, nas plantas sombreadas, maior enfolhamento e crescimento tanto em

altura quanto em comprimento dos ramos do que nas plantas a pleno sol (SANTOS et al., 1992).

A diminuição da área foliar máxima por ramo e do número de folhas, na medida em que foi aumentada a porcentagem de adubação para o tratamento de 48 % de bloqueio da RFA, pode estar relacionada com o excesso de nitrogênio, que pode causar deficiência de outros nutrientes (WILLSON, 1985). No entanto o maior valor de área foliar máxima por ramo apresentada em plantas com 48% de bloqueio da RFA e 40% da adubação, possivelmente evidencia o requerimento de uma menor quantidade de nutrientes nas plantas sombreadas do que nas plantas a pleno sol, o que permite que se mantenham mais enfolhadas durante o mês em que as plantas atingem a máxima área foliar por ramo.

As plantas sob 32% de sombra atingiram os valores máximos de área foliar por ramo com uma quantidade de adubo maior à observada para as plantas sob 48% de sombra, o que pode sugerir que existe uma combinação ideal entre maior quantidade de sombra e menor quantidade de adubo que favorece o maior enfolhamento das plantas até um certo ponto, a partir do qual maiores quantidades de adubo causam diminuição na área foliar por ramo.

A relação inversa entre a área foliar por fruto e a porcentagem de adubação que apresentaram as plantas a pleno sol, provavelmente se deve à formação de maior número de frutos ou menor número de folhas nestas condições.

Embora as plantas ainda não sejam adultas, podem apresentar uma inversão na relação da área foliar por fruto no próximo ciclo produtivo, por causa do fenômeno da bienalidade descrito por CANNELL (1985), segundo o qual, nas plantas a pleno sol, um ano de alta produção de frutos vem seguido de um de maior desenvolvimento vegetativo, como um mecanismo de compensação das plantas frente à alta produção. Contudo, os valores apresentados pelas plantas para a relação área foliar por fruto se encontram dentro da faixa ideal de 20 cm<sup>2</sup> na qual as plantas não sofrem depauperamento no seguinte ciclo produtivo, como consequência da carga pesada de frutos (CANNELL, 1985).

O rápido incremento do comprimento de ramos e do número de nós observado nos meses de outubro, novembro e dezembro é coincidente com a



época de alta temperatura e precipitação, entando o menor crescimento se apresentou nos meses frios e secos para todas as plantas, seguindo o mesmo comportamento descrito por Da MATTA et al. (1999) em cafeeiros a pleno sol.

Aparentemente a periodicidade no crescimento não foi afetada pelo sombreamento, sendo que esta característica pode depender mais da temperatura (BARROS et al., 1997) e precipitação do que da luminosidade (CANNELL, 1971). GOMEZ (1977) não encontrou relação entre os fatores climáticos e a periodicidade do crescimento dos cafeeiros sob condições de clima tropical, onde nenhum desses fatores climáticos é limitante.

#### 4. CONCLUSÕES

As plantas de café submetidas a diferentes níveis de sombra e adubação sofreram modificações de poucas características do desenvolvimento vegetativo após 9 meses de implantação dos tratamentos. As características que são mais sensíveis às mudanças de luminosidade e fornecimento de nutrientes estão mais relacionadas com a capacidade fotossintética da planta.

As plantas sob 48% de bloqueio da RFA apresentaram comportamento inverso entre a área foliar máxima do ramo e o nível de adubação, enquanto as plantas sob 32% de bloqueio da RFA apresentaram o valor máximo com as doses médias de adubação. Em ambos os casos o número máximo de folhas acompanhou o comportamento da área foliar máxima por ramo, influenciando mais a esta variável do que a área foliar por folha, que não apresentou efeito dos tratamentos.

Verificou-se uma relação inversa entre a porcentagem de adubação e área foliar/fruto, embora todas as plantas apresentassem valores dentro da faixa necessária para sustentar a produção, sem sofrer depauperamento no próximo ciclo por causa de sobrecarregamento de frutos.

É possível que as plantas sob sombra tenham maior capacidade de aproveitar pequenas quantidades de adubo, do que as plantas a pleno sol.

As plantas na sombra apresentaram o mesmo comportamento sazonal no crescimento do que o relatado em plantas a pleno sol para a região de Viçosa.

É recomendável continuar observando o comportamento vegetativo das plantas durante os próximos ciclos produtivos, quando o efeito dos tratamentos será mais evidente.

## LITERATURA CITADA

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. **Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa-MG, UFV, 1972. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 1972.

BARROS, R.S.; MOTA, J.W.; DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance, **Field Crops Research**, n.54, p.65-72, 1997.

CAMPANHA, M.M. **Análise comparativa de cafeeiros (*Coffea arabica* L) em sistema agroflorestal e monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa- MG, UFV, 2001. 132 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO, F.S.; CARVALHO, P.S.; FERREIRA, P.S. Continual learning for agroforestry system desing: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brasil. **Agricultural Systems**, n.69, p. 235-257, 2001.

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, p.99-120, 1971.

CANNELL, M.G.R. **Physiology of the coffee crop**. In: CLIFFORD, M.N e WILLSON K.C. (Eds.) *Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. New York. NY. p. 108 – 134, 1985.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.L.; ALFONSI, E.L. Efeito de níveis de sombreamento no crescimento e na produtividade do cafeeiro. In: **Resumos expandidos do II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Vitória-ES. Embrapa. p.120-124, 2001.

CASTILLO, R.E.; ARCILA, P.J.; JARAMILLO, R.A.; SANABRIA, J. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de *Coffea arabica*, **Cenicafé**, v.48, n.3, p.182-194. 1997.

DA MATTA, F.M.; AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Fields Crops Research**, v.60, p.223-229, 1999.

DA MATTA, F.M.; RENA, A.B. **Ecofisiologia de Cafezais Sombreados e a Pleno Sol**. In: ZAMBOLIM L. (Ed.) O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de café. Viçosa, MG. p.93 – 136, 2002.

FREITAS, R.B.; OLIVEIRA, L.E.; SOARES, A.M.; DELÚ FILHO, N.; ALVES, J. D.; GUERRA NETO, E.G.; GONTIJO, P.T. Avaliações ecofisiológicas do consórcio de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) na região de Patrocínio-MG. In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p. 971-974, 2000.

GÓMEZ, L.G. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. **Cenicafé**,

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; FERREIRA, R.A. Sistemas de combinação de café com seringueira, no sul de Minas Gerais. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 15, Maringá, PR, Brasil. p. 182, 1989.

MATIELO, J.B., PINHEIRO, M.R., ÁVILES, D.P., PEREIRA J.D.B., FERREIRA, J.P., Sistemas de consorciação café-seringueira no Norte – Fluminense resultados preliminares. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 14, Campinas, SP. p.52 – 53, 1987.

MATIELLO, J.B. Níveis de sombreamento em cafezal na região serrana de Pernambuco. Parte III. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 15, Maringá, PR. p.182 – 183, 1989a.

MATIELLO, J.B. Observações sobre arborização de cafezais em regiões cafeeiras de chapada, na Bahia. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 15, Maringá, PR.. p. 238. 1989b.

MOSQUERA, S.L.; RIAÑO, H.N.M.;ARCILA, P.J.; PONCE, D.C.A. Fotosíntesis, respiración y fotorrespiración em hojas de café. *Coffea* sp. **Cenicafé**, v.50, n.3, p.215-221, 1999.

MUSCHLER, R.G. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* var. Caturra y Catimor. **XVIII Simpósio Latinoamericano de Caficultura**. San José, Costa Rica. p. 157-162, 1997.

MUSCHLER, R.G.; BONNEMANN A., Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 91, p. 61-73, 1997.

NEVES, Y.P. **Evolução da fertilidade do solo, retenção de umidade, crescimento vegetativo, produção e teores foliares de nutrientes em cafeeiros cultivados a pleno sol e consorciados.** Viçosa-MG, UFV, 2001. tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. **Fisiologia do cafeeiro.** In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed). Cultura do cafeeiro: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.1-87, 1986.

RENA, A.B.; NACIF, A.P.; GONTIJO., P.de T.; PEREIRA., A.A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: **Anais do Simpósio Internacional sobre Café Adensado.** Londrina, PR, Brasil. p.71-85, 1994.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H; (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação.** Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.87-92.

SANTOS, A.C.N.; LANI, C.H.; FONSECA, J. Observações sobre arborização de cafeeiros com Grevílea no planalto de Conquista –BA. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 18, Araxá, MG, p.85 – 86, 1992.

SOUZA de, N.L.; OLIVEIRA de, L.E.; GERRA NETO E.G.; Influência do sombreamento no crescimento e desenvolvimento de diferentes cultivares de (*Coffea arábica* L.). In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil.** Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p.1032-1034,2000.

WILLSON, K.C. **Mineral Nutrition and Fertiliser Needs.** In: CLIFFORD, M.N e WILLSON K.C. (Eds.) Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. New York. NY. p. 135 – 156, 1985

## **CAPÍTULO II**

### **DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO E PRODUÇÃO INICIAL DE CAFEZEIROS SOB NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E ADUBAÇÃO.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Os Sistemas Agroflorestais são uma alternativa interessante para os pequenos agricultores nos trópicos, uma vez que permitem a obtenção de produtos como alimentos, madeira, fibras, medicamentos e adubos verdes ao mesmo tempo que prestam serviços ambientais, ajudando a manter a fertilidade do solo, aumentando a biodiversidade e regulando a disponibilidade de água no sistema (SOTO PINTO et al., 2000)

No caso particular dos Sistemas Agroflorestais com café é freqüente encontrar a cultura associada com árvores leguminosas, sendo que da escolha adequada das espécies arbóreas e do manejo implementado depende o sucesso do sistema, em termos de minimizar a competição entre as árvores e o cafezal, ao mesmo tempo em que são aproveitados os recursos de forma complementar (Da MATTA e RENA, 2002; SCHALLER et al, 2002).

Existe uma ampla variedade de sistemas agroflorestais em café que abrange desde os que conservam quase intacta a mata nativa, plantando os cafezeiros entre as árvores, até sistemas de sombra tecnicada onde a espécie arbórea é podada e controlado o seu crescimento (GOBBI, 2000).

Os diversos tipos de sistemas agroflorestais com café, junto com as diferentes condições climáticas onde se desenvolvem, fazem que as experiências com café sombreado apresentem uma ampla gama de resultados em termos de produtividade.

Sob condições climáticas adversas nas quais os cafeeiros a pleno sol tem baixos rendimentos, se observa maior produção nas plantas de café sombreadas como efeito da proteção das árvores frente à deficiência hídrica (BEER et al. 1998; MATSUMOTO et al., 2000) ou mudanças drásticas de temperatura e ventos fortes (BATISTELA SOBRINHO et al., 1987; BEER et al. 1998; DANTAS et al., 1987).

Em locais nos quais as condições climáticas são favoráveis tanto para a cultura de café quanto para as árvores, existem experiências que relatam um comportamento produtivo similar das plantas sombreadas e das plantas a pleno sol (CERON e CABRERA, 1995; SCHALLER et al., 2000.; SCHALLER et al., 2002.; MELO e GUIMARÃES, 2000), no entanto em outras experiências o café associado com árvores apresenta menor produção do que os cafeeiros a pleno sol (CAMPANHA, 2001; CARELLI et al., 2000; MATIELLO, 1989; MELO e GUIMARÃES, 2000; MUSCHLER, 1997; NEVES, 2001).

Embora os sistemas agroflorestais com café apresentem ótimos resultados como conservadores de solos e na manutenção e incremento da biodiversidade (CARDOSO et al.,2001) a baixa produtividade é uma grande limitante para a difusão destes sistemas de produção).

A competição por nutrientes, água e luz entre as árvores e os cafeeiros é uma das causas da baixa produção, sendo difícil diferenciar os efeitos de cada um destes fatores de forma independente, especialmente no caso da luz, já que a presença de árvores não só afeta a intensidade da luz incidente na cultura, como também cria um microclima particular (RENA et al., 2001).

Produção similar entre as plantas a pleno sol e as sombreadas foi observada em experimentos em campo, quando se realizou o manejo correto do espaçamento das espécies sombreadoras dos cafeeiros, tentando reduzir a competição por água e nutrientes, (FREITAS et al., 2000; MELO e GUIMARÃES, 2000).

O presente trabalho foi realizado visando aprofundar o conhecimento tanto do efeito independente quanto da interação entre a disponibilidade de luz e de nutrientes sobre o desenvolvimento reprodutivo e a produção de cafeeiros. O objetivo foi avaliar o desenvolvimento reprodutivo em plantas de café arábica submetidas a diferentes níveis de sombra e adubação, simulando as condições de competição por luz e nutrientes existentes em sistemas Agroflorestais.



## 2 . MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Características da área experimental:

O trabalho foi conduzido na área de pesquisa “Agronomia Aeroporto” na Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa (MG) a 20º 45’ Sul e 42º 51’ Oeste com altitude de 693 m. A região apresenta inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, sendo que em 2001 a precipitação média anual foi de 1148 mm/ano e a temperatura média anual de 20,65°C.

O solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com declividade de 40% e exposição nordeste apresentou, antes do início do experimento as características químicas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo (ano de 2001) <sup>(1)</sup>.

ANÁLISE QUÍMICA												
Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m
	H <sub>2</sub> O											
----cm----		-----mg dm <sup>3</sup> -----		-----cmolc dm <sup>3</sup> -----					-----%			
0 - 20	5,1	36,4	134	0,1	2,5	1,0	4,3	3,84	3,94	8,14	47	3

(1) pH: 1:2,5, KCl; PK: Extractor Mehlich 1; Al, Ca, e Mg: Estrator KCl 1 mol/L; H + Al: Extractor Ca (OAC) 2 ),5 mol/L pH 7.00; SB: Soma de Bases Trocáveis; V:Índice de Saturação de Bases; m: Índic de Saturação de Alumínio; t: Capacidade de troca catiônica efetiva; T: CTC a pH 7,0.

As plantas da espécie *Coffea arabica*, cultivar Catuaí Vermelho (CH 2077-2-5-99), foram plantadas em 1989 e recepadas em 1998. O espaçamento consistiu-se de 1 m entre plantas e 3 m entre fileiras, sendo colocada uma única planta por cova, para uma densidade de 3333 plantas/ ha.

## 2. Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 4x4 no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições, sendo as plantas submetidas a 4 níveis de sombra (0%, 16%, 32% e 48%)(Figura 1) e 4 níveis de adubação (100%, 80%, 60% e 40%). Cada parcela foi formada por 12 plantas (10 plantas de bordaduras e 2 úteis).

A sombra foi fornecida por tela sombreadora de diferentes malhas, colocada tanto nas laterais, quanto na parte superior da parcela. Os níveis de sombra foram determinados pela porcentagem de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) bloqueada pela tela sombreadora, medida por meio do Ceptômetro de barra (Sunfleck ceptometer type CEP, Delta-T Devices Ltd, England).

O nível de 100% de adubação, determinado por meio da análise do solo e da produção esperada, foi de 42 g/cova de N e 30 g/cova de K<sub>2</sub>O (RIBEIRO et al., 1999). A calagem, baseada na análise de solo, foi igual para todos os tratamentos sendo aplicadas 20 g de calcário dolomítico (PRNT 83%) por planta, em faixa na área de projeção da copa. A quantidade foi determinada segundo o método de elevação da saturação de bases para 60%.

A incidência de Ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a infestação de Cochonilha (Coccinelidos), foram controlados no mês de fevereiro do 2002 com a aplicação de oxiclureto de cobre e óleo mineral respectivamente. O controle de ervas invasoras for realizado manualmente e com aplicação de glifosato.

O experimento foi iniciado em outubro de 2001 quando foi realizada a primeira avaliação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas antes da aplicação dos tratamentos. As doses de adubos, fracionadas em três vezes, foram aplicadas nos meses de novembro, dezembro de 2001 e janeiro de 2002. As telas

sombreadoras, localizadas na parte superior de cada parcela, foram colocadas em dezembro de 2002 e as laterais em abril de 2002.

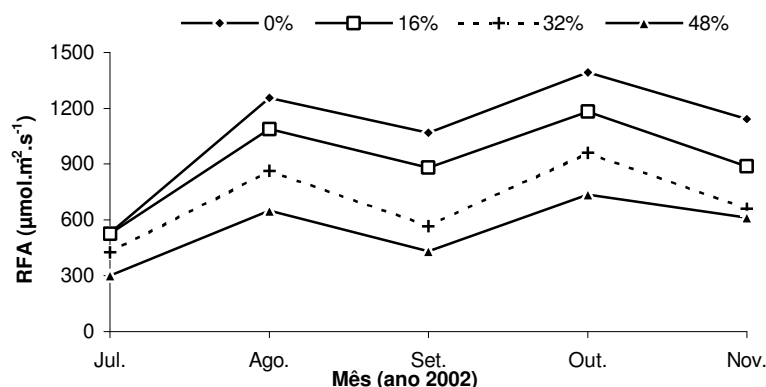


Figura 1. Equivalência da porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) bloqueada pela tela sombreadora, em  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

### 3. Avaliações

#### 3.1. Radiação Fotossinteticamente Ativa.

Entre os meses de maio e setembro foram medidas a Radiação Fotossinteticamente Ativa Total (RFA fora da parcela, RFTot), Radiação Fotossinteticamente Ativa Disponível (RFA dentro da parcela, sobre as plantas, RFd), em três parcelas para cada nível de sombreamento, na dose de 100% da adubação, entre as 12:00 e 14:00 horas (Figura 2). Os registros se efetuaram com Ceptômetro (Sunfleck ceptometer type CEP, Delta-T Devices Ltd, England) que mede o fluxo de ftons fotossinteticamente ativos (com comprimento de onda entre 400 e 700 nm) registrados como  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

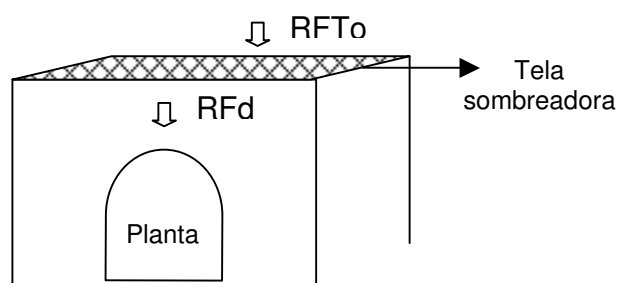


Figura 2. Localização dos pontos de medição da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA).

### 3.2. Desenvolvimento reprodutivo e produção das plantas de café

Foram marcados quatro ramos plagiotrópicos localizados no terço médio das plantas, orientados em direção norte, sul, leste e oeste. Nestes ramos foram contados o número de nós produtivos e o número de frutos, nos diferentes estádios de desenvolvimento (chumbinho, verde, início de maturação, cereja e seco), à semelhança de CAMPANHA (2001).

Durante os meses de abril, maio, junho, julho e agosto do 2002 foram colhidos os frutos em cereja, sendo secos no terreiro até atingirem aproximadamente 11 a 12% de umidade para posteriormente serem pesados e contados o número de frutos por ramo marcado. A produção por ramo foi determinada a partir do peso dos frutos e número médio de frutos por ramo, para os oito ramos avaliados por parcela.

Para avaliar a época em que a maior parte dos frutos se encontrava em estado de cereja e a uniformidade com que amadureceram, foram calculados o Índice de Maturação (IM) e a Uniformidade de Maturação (UM) da seguinte forma (AUGUSTO, 2000):

$$IM = (\text{pmês } 1 + 2x \text{ pmês } 2 + 3x \text{ pmês } 3 + 4x \text{ pmês } 4 + 5x \text{ pmês } 5) / PT$$

Onde: IM = Índice de Maturação

pmês X = Produção de frutos cereja no mês X

PT = Produção total

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

Onde: UM = Uniformidade de Maturação em %

PT = Produção Total

>pmês = Maior produção de frutos cereja entre os cinco meses.

O índice de retenção de frutos (IR) foi calculado a partir da diferença entre o número de frutos colhidos e o número de frutos iniciais. O número de frutos inicial correspondeu à soma de chumbinhos e frutos verdes presentes na planta na

primeira avaliação (realizada entre a última semana de outubro e a primeira semana de novembro de 2001).

Nos dias 3, 4 e 5 de setembro do 2002 foram contados o número de botões florais e determinado o número de botões florais por nó produtivo, nos ramos marcados.

#### **4. Análise dos dados**

Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste F adotando o nível de até 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno em estudo.

## 2. RESULTADOS

Não houve efeito da adubação, do sombreamento nem da interação entre estes fatores sobre as variáveis número de nós produtivos (NNP), índice de maturação (IM), Uniformidade de maturação (UM) e número de botões florais por ramo (BF), cujos valores médios são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Valores médios das variáveis Numero de nós produtivos (NNP), Índice de maturação (IM), Uniformidade de maturação (UM), Número de botões florais por ramo (BF). Média de 4 níveis de sombreamento e 4 níveis de adubação.

Safrá 2001 / 02			Safrá 2002/03
NNP	IM (1-5)	UM (%)	BF
7,368	3,366	62,782	239,541

A produção por ramo nas plantas submetidas às condições de pleno sol e ao nível máximo de sombreamento (48% de bloqueio da RFA), apresentou efeito da adubação, enquanto as plantas sob os níveis de sombreamento de 16 e 32% de bloqueio da RFA não apresentaram efeito da quantidade de adubo fornecida (Figura 3).

Nas plantas sob 0% de bloqueio da RFA, houve aumento da produção por ramo a medida em que porcentagem de adubação aumentou, atingindo o máximo

valor (29,37 g/ramo de café em côco) quando as plantas foram adubadas com 100% da recomendação (Figura 3).

As plantas sob 48% de bloqueio da RFA apresentaram comportamento inverso, sendo que a produção por ramo decresceu quando se aumentou a dosagem de adubação. A máxima produção para este nível de sombreamento (29,17 g de café em côco) foi atingida com 40% da recomendação (Figura 3).

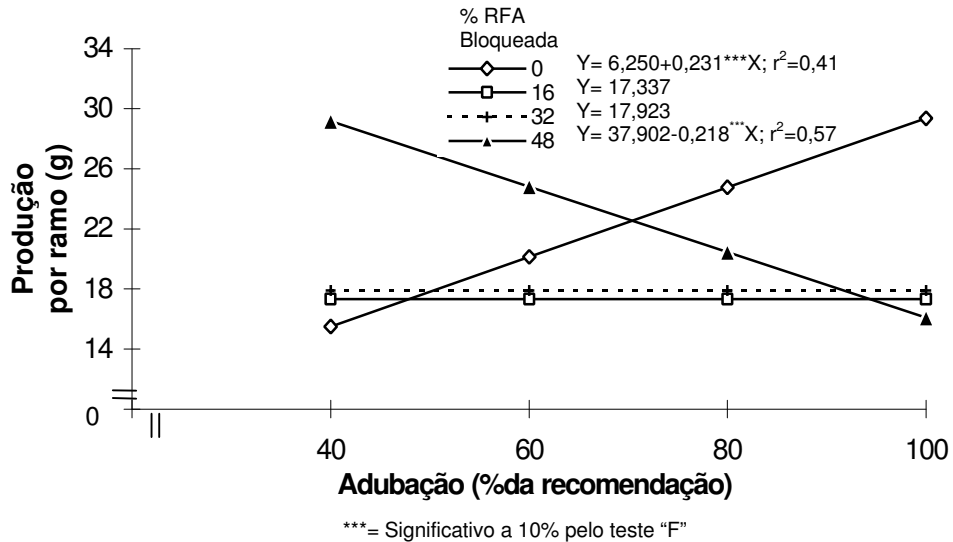


Figura 3. Produção de frutos por ramo (em gramas de café em côco) (Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa).

Não houve efeito da adubação sobre o peso do fruto. Frutos de plantas submetidas a pleno sol foram os mais pesados e de plantas submetidas a 32% de bloqueio da RFA os mais leves (Figura 4).

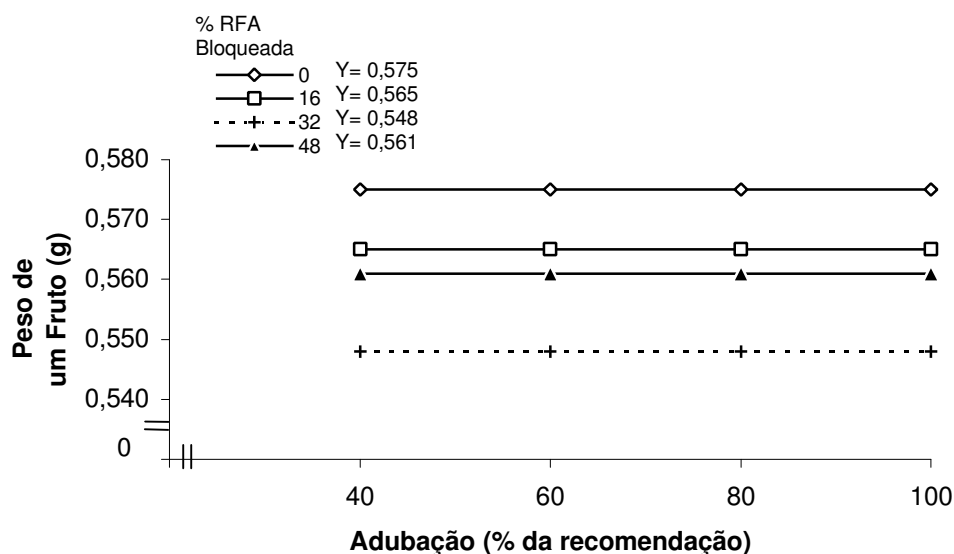


Figura 4. Peso de um fruto (em gramas) (Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa).

O número de frutos por ramo em plantas submetidas a 0% de bloqueio da RFA apresentou comportamento similar à produção por ramo, aumentando na medida em que aumentou a quantidade de adubo. As plantas sob os níveis de 16, 32 e 48% de bloqueio da RFA não apresentaram efeito da adubação (Figura 5).

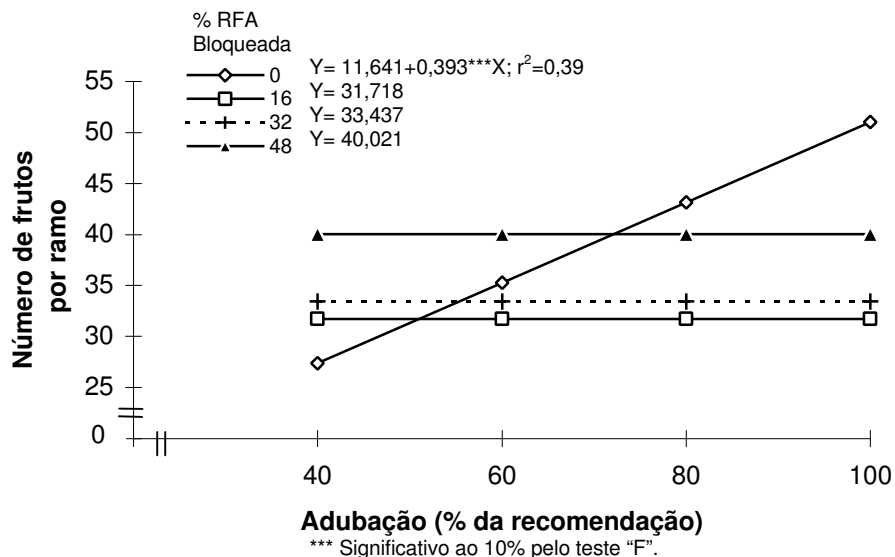


Figura 5. Número de frutos por ramo (Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa).



O número de frutos por nó produtivo nas plantas sob 0% de bloqueio da RFA manteve uma tendência similar ao número de frutos por ramo. Em plantas submetidas a pleno sol o menor número de frutos por nó foi verificado nas plantas adubadas com 40% da recomendação enquanto o maior valor se apresentou nas plantas com 100% da adubação (Figura 6).

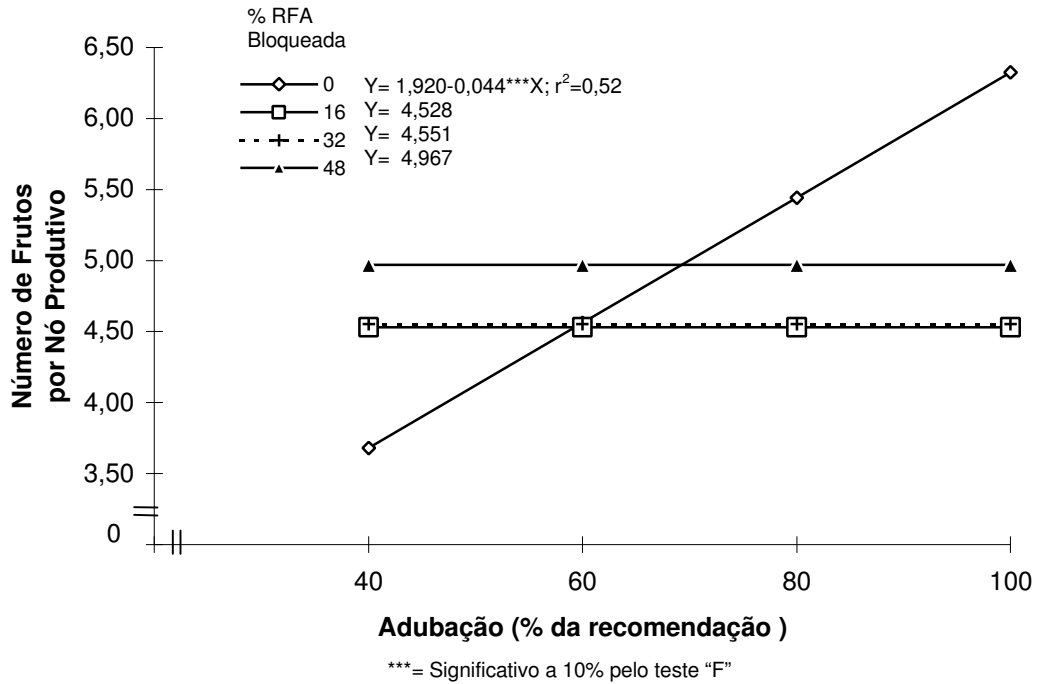
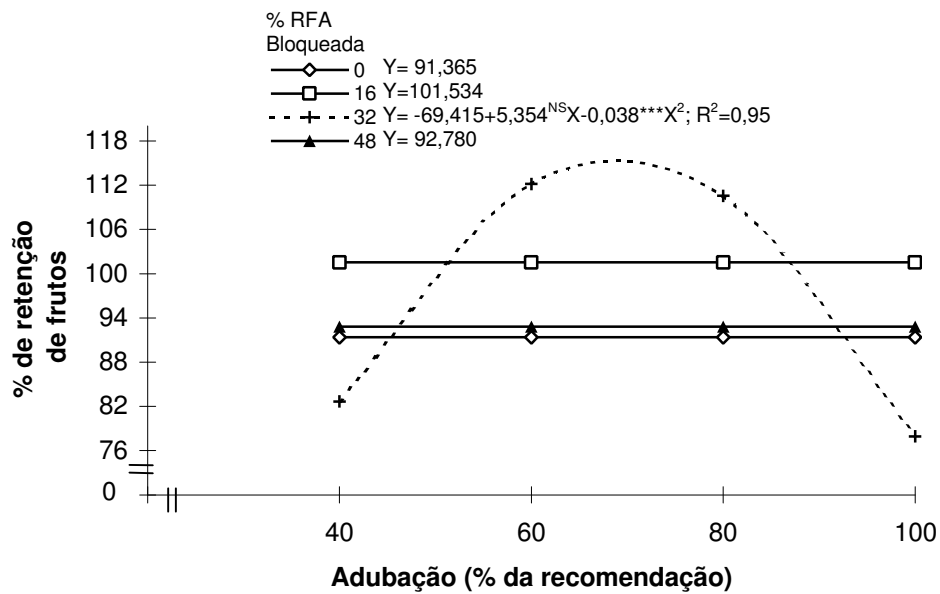


Figura 6. Número de frutos por nó produtivo(Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa).

O índice de retenção de frutos foi influenciado pela adubação. Plantas sob 32% de bloqueio da RFA apresentaram o maior valor com 70,4% da adubação (Figura 7).



NS = Não significativo pelo teste "F". \*\*\* = Significativo a 10% pelo teste "F".

Figura 7. Índice de retenção de frutos (%) (Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa).

Nas plantas sob 48% de bloqueio da RFA, houve efeito da adubação sobre o número de botões florais por nó produtivo formados em 2002, apresentando um comportamento crescente na medida em que foi aumentando a adubação (Figura 8).

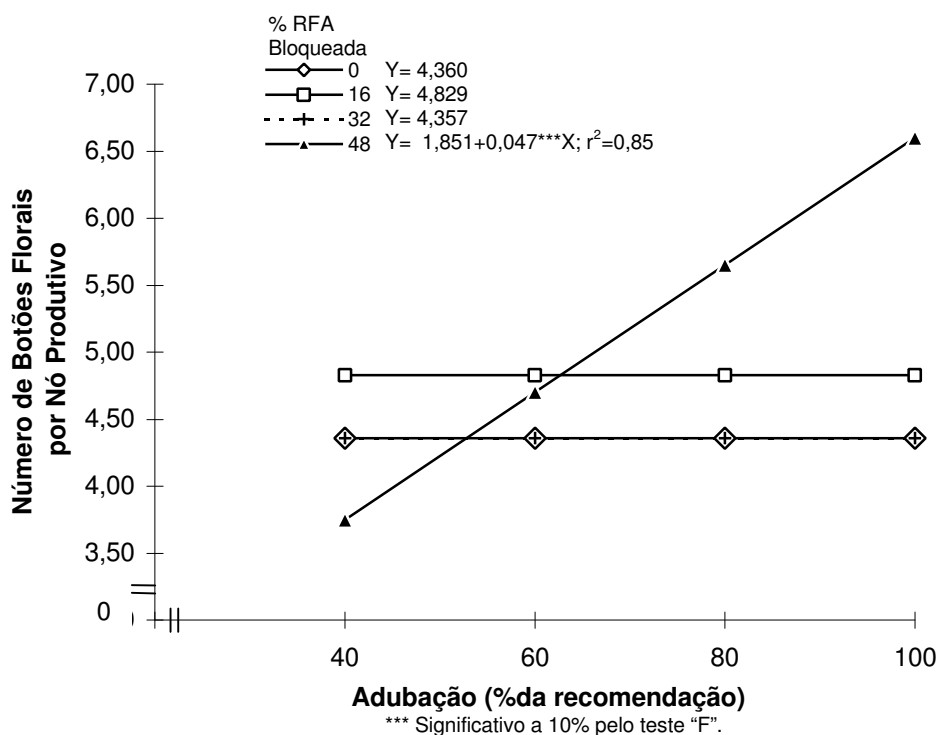


Figura 8. Número de botões florais por nó produtivo (Y) em função da adubação (X) em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de bloqueio da RFA (% de radiação fotossinteticamente ativa), avaliados no mês de setembro do 2002 (safra 2003).

### 3. DISCUSSÃO

O incremento linear da produção com o aumento da porcentagem de adubação nas plantas sob 0% de bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), mostra a habilidade de resposta das plantas ao aumento da quantidade de adubo, sempre que estas se encontrem em condições de alta radiação, nas quais podem expressar todo o seu potencial genético em termos produtivos.

Possivelmente as plantas a pleno sol que receberam menor quantidade de adubo apresentem menor produção no próximo ano, tendo maior desenvolvimento vegetativo, como mecanismo para recuperar as reservas de carboidratos e minerais utilizadas para suportar os frutos. Este comportamento, observado por RAMIREZ (1990) em plantas com alta carga de frutos, poderia se apresentar no próximo ciclo produtivo, como conseqüência da baixa disponibilidade de nutrientes para manter os frutos formados, embora a produção durante a primeira safra tenha sido pequena portanto as plantas pouco exigidas para sustentar a produção.

O comportamento da produção observado nas plantas a pleno sol foi mais influenciado pelo número de frutos formados e mantidos durante o ciclo produtivo, do que pelo peso de cada fruto, uma vez que não houve efeito do adubo sobre esta variável.

A alta produção apresentada pelas plantas sob 48% bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa e baixa quantidade de adubo, pode indicar que mesmo em condições de baixa disponibilidade de luz, esta foi suficiente para realizar a fotossíntese em níveis que supriram a pequena demanda de carboidratos dos frutos formados durante a primeira safra. Segundo CARVALHO (1985), citado por

RENA e MAESTRI (1986), a capacidade fotossintética corrente é mais importante para o enchimento dos frutos, do que as reservas de carboidratos acumuladas durante os ciclos produtivos anteriores.

O fato das plantas sob 48% de sombra adubadas com 40% da recomendação, apresentarem um valor de produção próximo ao atingido pelas plantas a pleno sol com 100% da recomendação de adubação, sugere que as plantas sob sombra podem estar aproveitando de forma mais eficiente os nutrientes disponíveis no solo. Isto pode estar relacionado com a absorção de minerais e água por parte das plantas sombreadas durante mais tempo, uma vez que a sombra diminui a evaporação de água, mantendo a umidade do solo por períodos de tempo mais longos, como foi observado por JARAMILLO e GOMEZ (1989) no microclima de cafezais sombreados. Também existe a possibilidade de que nas plantas sob 48% de bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa, tanto a atividade da redutase do nitrato quanto a absorção do nitrato sejam maiores, como foi observado por SOUZA et al. (2001) em plantas do cultivar Rubi MG 1192, nas quais o sombreamento de 30%, aumentou a atividade da redutase do nitrato e as plantas apresentaram maiores teores de açúcares solúveis totais.

Nas plantas sob 48% de bloqueio da RFA, o decréscimo na produção observado quando aumentada a dose de adubação, pode estar indicando desequilíbrios na absorção de nutrientes disponíveis no solo ou excesso de nitrogênio, que é uma possível causa da queda de frutos (RENA e MAESTRI, 1986), embora existam experiências onde se tem observado redução na queda de frutos com a aplicação de nitrogênio (ARRUDA e REIS 1960, citado por RENA e MAESTRI, 1986).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre a produção nas plantas sob 16% e 32% de bloqueio da RFA, pode ser devida à época em que foi colocada a tela sombreadora, quando os frutos já estavam formados, portanto não afetando a indução floral na qual, segundo RENA e MAESTRI (1986), a luz incidente nas plantas é determinante para estimular ou não a formação de gemas florais. Uma vez formados os frutos, as plantas de *Coffea arabica* não têm a capacidade de elimina-los por abscisão, mesmo que estes tenham sido formados em excesso

após uma abundante floração, podendo comprometer o desenvolvimento da planta nos ciclos produtivos futuros (CANNELL, 1985).

Embora a produção individual das árvores de café dependa grandemente do número de nós produtivos formados no ciclo anterior (CANNELL, 1985; Da MATTA e RENA, 2002), no experimento não foi encontrado efeito dos tratamentos sobre esta variável. Isto sugere que a diferença encontrada no número de frutos nas plantas com 0% de bloqueio da RFA como efeito da adubação, seja devida ao número de frutos formados por nó produtivo, e não à formação de nós produtivos, que de acordo com BROWNING (1975) pode estar mais influenciada pela disponibilidade de água no solo.

Como era esperado para a primeira safra de plantas recepadas, a quantidade de frutos por nó produtivo foi entre média e baixa, tendo valores entre 3,6 – 6,3 frutos por nó produtivo, quando se estima que uma planta em condições favoráveis pode sustentar entre 12 – 20 frutos por nó produtivo (CANNELL, 1985).

O índice de retenção de frutos mais elevado apresentado pelas plantas sob 32% de sombreamento quando a adubação foi de 70% da dose recomendada, indica que além destas plantas conseguirem manter os frutos formados, houve um incremento de 15% sobre os frutos iniciais, decorrente de outras florações.

Os resultados do índice e da uniformidade de maturação sugerem que o sombreamento em plantas de café, uma vez formados os frutos, não afeta estas características, embora CANNELL (1985) e MIGUEL et al.(1995) afirmem que as plantas na sombra apresentam mudanças na época de produção de frutos e floradas desuniformes.

A desuniformidade na época de maturação de frutos é considerada uma das desvantagens dos cafés sombreados, uma vez que incrementa os custos durante a colheita (BAGGIO, 1983). Por outro lado a possibilidade de ter frutos na planta durante mais tempo, pode ser vantajoso para o pequeno agricultor que freqüentemente tem limitada mão de obra durante a época de colheita de café.

O índice de maturação obtido indica que houve maturação tardia em todos os tratamentos, sendo que a maioria dos frutos amadureceu no mês de julho. A maturação mais lenta de frutos como efeito da sombra de árvores de *Grevillea* foi

observado por MIGUEL et al., (1995) em experimento conduzido em Minas Gerais, embora SEVERINO e OLIVEIRA, (1999) não tenham observado efeito da sombra de bananeiras sobre a época de maturação de frutos de cafeeiros.

A uniformidade de maturação observada indica que mais da metade dos frutos se encontrava em etapa de cereja durante o mês em que se concentrou a colheita de frutos tanto em plantas sombreadas quanto a pleno sol.

O fato das plantas sob 48% de bloqueio da RFA e 100% de adubação apresentarem valor mais elevado de botões florais por nó produtivo em 2002 (safra do 2003), sugere que a radiação incidente não limitou a indução de gemas florais nesta condição, embora existam evidências de que o sombreamento durante a etapa de iniciação floral pode reduzir o número de flores (CANNELL, 1985).

O comportamento inverso do número de botões florais formados em setembro do 2002, com relação à produção nesse mesmo ano nas plantas sob 48% de bloqueio da RFA, abre a possibilidade de que na próxima safra as plantas mais sombreadas e com alta adubação apresentem maior número de frutos do que as menos adubadas. Esta suposição está sujeita à queda de botões florais e frutos que pode acontecer durante o ciclo produtivo, sendo que segundo REIS e ARRUDA (1956), citado por RENA et al.(2001), o pegamento dos frutos no Brasil é aproximadamente o 50% do número de flores formadas, sendo pequenas as perdas de frutos posteriores.

É possível que as plantas a pleno sol e pobremente adubadas apresentem bialidade na produção no próximo ano, não por causada da alta carga de frutos e sim pelo baixo suplemento de carboidratos, sendo menos provável que as plantas sombreadas apresentem este comportamento como foi observado por BEER et al. (1998), Da MATTA e RENA (2002), MATIELLO et al. (1985).

#### **4. CONCLUSÕES**

As plantas sob sombra de 48% e baixas doses de adubo apresentaram produção similar às plantas a pleno sol adubadas com a quantidade recomendada. Nas plantas a pleno sol a produção foi mais influenciada pelo número de frutos por ramo do que pelo peso do fruto.

Plantas sob 32% de sombra e doses médias de adubação apresentaram altos índices de retenção de frutos, sendo que houve formação de frutos durante um período de tempo maior do que nas plantas submetidas às outras combinações de adubo e sombra.

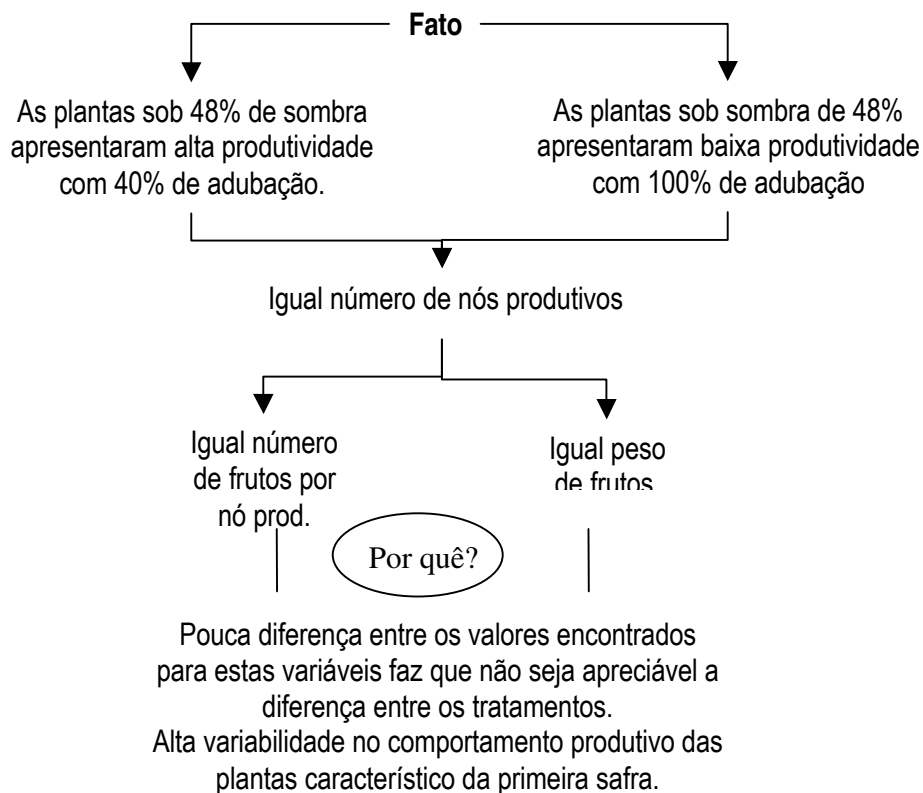
O sombreamento e o adubo não afetaram a época, o índice de maturação de frutos nem número de nós produtivos.

As plantas sob 48% de bloqueio da RFA apresentaram maior número de botões florais em 2002, quando receberam maiores quantidades de adubo.

É possível que a luz incidente nas parcelas e a quantidade de adubo disponível para as plantas, fosse suficiente para manter a baixa carga de frutos formada durante a primeira safra do cafezal. Espera-se que o efeito dos tratamentos seja mais evidente durante os próximos ciclos produtivos, pelo que seria interessante manter o acompanhamento ao desenvolvimento reprodutivo e a produção das plantas nos próximos anos.

O fato dos cafezais sob sombra apresentarem baixa produtividade, que foi o ponto de partida para a elaboração desta pesquisa, não foi observado durante a primeira safra do cafezal durante o tempo da avaliação, pelo que surgem outras perguntas a ser resolvidas como apresentado na figura 9.





As plantas sob 48% de sombra conseguem realizar a fotossíntese suficiente para manter a baixa carga de frutos?

As plantas sob 48% de sombra conseguem aproveitar de forma mais eficiente quantidades limitadas de nutrientes do solo?

Quanto tempo tardam as plantas em apresentar modificações causadas pelas mudanças nas condições de luminosidade e nutrição?

Figura 9. Comportamento das plantas sob 48% de bloqueio da RFA observado durante o experimento, possíveis causas e perguntas que surgem a partir do fato observado.

## LITERATURA CITADA

ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H.W.; HUEVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G.; FOLSTER, H. Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica*) com Laurel (*Cordia alliodora*) y com Poro (*Erythrina poeppigiana*) em Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y Reservas Nutritivas. **Turrialba**. v.35, n.3, p.233-242.

AUGUSTO, H.S. **Desempenho de variedades de café (Coffea arábica L.) em espaçamentos adensados**. Viçosa-MG, UFV, 200. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BAGGIO, A.J. **Sistema Agroflorestal Grevilea x Café: Início de nova era na agricultura paranaense?**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 15p. (Circular técnica Nº 9), 1983.

BATISTELA SOBRINHO, I.;MATIELLO, J.B; MIGUEL, A.E. Comportamento de cafeeiros Conilon, Mundo Novo, e Catuaí, plantados em mata natural e a pleno sol em Sinop-MT. In: **Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**, 14, Campinas.SP. p. 185-187, 1987.

BEER, J., MUSCHLER, D.K., SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139 – 164. 1998.

BROWNING, G. Shoot growth in *Coffea arábica* L. I. Responses to rainfall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. **Journal of Horticultural Science**, v.50, p. 1-11, 1975.

CAMPANHA , M.M. **Análise comparativa de cafeeiros (Coffea arábica L) em sistema agroflorestal e monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa- MG, UFV, 2001. 132 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CANNELL, M.G.R. **Physiology of the coffee crop**. In: CLIFFORD, M.N e WILLSON K.C. (Eds.) Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. New York. NY.p. 108 – 134, 1985.

CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.;FRANCO,F.S.;CARVALHO, A.F.; FERREIRA NETO, P.S. Continual Learning for Agroforestry System Desing: University, NGO and Farmer Partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v.69, p.235-257, 2001.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.L.; ALFONSI, E.L. Efeito de níveis de sombreamento no crescimento e na produtividade do cafeeiro. In: **Resumos expandidos do II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Vitória-ES. Embrapa. p.120-124, 2001.

CERON, M.F.; CABRRERA, A.H. Estúdio comparativo em El Salvador Del cv. Caturá rojo em relación a cuatro cultivares comerciales de cafeto. In: **XVI Simpósio Latinoamericano de Caficultura**. Manágua, Nicarágua, p.160-169, 1995.

DA MATTA, F.M.; RENA, A.B. **Ecofisiologia de Cafezais Sombreados e a Pleno Sol**. In: ZAMBOLIM L. (Ed.) O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de café. Viçosa, MG. p. 93 – 136, 2002.

DANTAS, F.;MATIELLO, J.B; CAMARGO, A.P; RIBEIRO, R.N. Arborização de cafeeiros com *Grevilea robusta* na região serrana de Pernambuco. In: **Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**, 14, Campinas, SP,. p.163, 1987.

FREITAS, R.B.; OLIVEIRA, L.E.; SOARES, A.M.; DELÚ FILHO, N.; ALVES, J. D.; GUERRA NETO, E.G.; GONTIJO, P.T. Avaliações ecofisiológicas do consórcio de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) na região de Patrocínio -MG. In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p. 971-974,2000.

GOBBI, J.A. Is biodiversity-friendly coffee financially viable?. An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. **Ecological Economics**, v.33, p.267-281, 2000.

JARAMILLO, R.A.; GÓMEZ, G.L. Microclima em Cafetales a Libre Exposición Solar y Bajo Sombrio. **Cenicafé**, v.40, n.3, 1989.

MATIELLO, J.B. Sistemas de combinação de café com seringueira, no sul de Minas Gerais. In: **Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**, 15, Maringá, PR. Resumos...Rio de Janeiro: IBC. p. 235-237,1989.

MATIELLO, J.B.; DANTAS, F.S.; DE CAMARGO, A.P.; RIBEIRO, R.N. Observações sobre nível de sombreamento em lavoura cafeeira em Pernambuco. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 12, Caxambú, MG, Brasil. p. 14-15, 1985.

MATSUMOTO, S.N.; FARIA, G.O.; VIANA, A.E.; PINTO, P.R. Efeitos do sombreamento de grevilhas em cafezais no sudoeste da Bahia, Brasil. In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p. 1010-1014, 2000.

MELO, J.T.; GUIMARÃES, D.P. A cultura do café em sistemas consorciados na região do Cerrado. In: **Resumos expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de caldas-MG. Ed. Embrapa. p. 963-966, 2000.

MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; CAMARGO, A.P.; ALMEIDA, S.R.; GUIMARÃES. Efeitos da arborização de cafezal com *Grevílea robusta* nas temperaturas do ar e na umidade do solo – Parte II. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 21, Brasil.. p. 55-56, 1995.

MUSCHLER, R.G. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* var. Caturra y Catimor. **XVIII Simpósio Latinoamericano de Caficultura**. San José, Costa Rica. p. 157-162, 1997.

NEVES, Y.P. **Evolução da fertilidade do solo, retenção de umidade, crescimento vegetativo, produção e teores foliares de nutrientes em cafeeiros cultivados a pleno sol e consorciados**. Viçosa-MG, UFV, 2001. tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RAMIREZ, M.L. Producción y distribución de la cosecha em um ciclo de poda de três años al sol y bajo sombra regulada. **Noticiero del café**. v.5, n.56, p.1-3, 1990.

RENA, A.B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. **Desenvolvimento Reprodutivo do Cafeeiro**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Tecnologias de Produção de Café com Qualidade**. Viçosa, MG.. p. 101-128, 2001.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. **Fisiologia do cafeeiro**. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.1-87, 1986.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H; (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.87-92.

SCHALLER, M.; JIMENEZ, F.; SCHROTH, G.; BEER, J. Efecto de árboles maderables em barreras antierosivas sobre el crecimiento de café em uma zona tropical húmeda de Costa Rica. In: **XIX Simpósio Latinoamericano de Caficultura**. San José, Costa Rica. p. 501-508, 2000.

SCHALLER, M.; SCHROTH, G.; BEER, J.; JIMENEZ, F. Species and site characteristics that permit the association of fast-growing trees with crops: The case of *Eucalyptus deglupta* as coffee shade in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, n.5935, p.1-11. 2002.

SEVERINO, L.S.; OLIVEIRA S. T de. Sistema de cultivo sombreado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região de Baturité, Ceará. **Revista Ceres**, v.46, n.268, p. 635-652, 1999.

SOTO PINTO, L.; PERFECTO, I.; HERNANDEZ, C.J.; NIETO, C.J. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, n.80, p.61-69, 2000.

SOUZA, N.L.; AMARAL, S.L.; BARBOSA, J.P.; OLIVEIRA, L.E.; GERRA NETO, E.G. Avaliação do efeito de sombreamento no comportamento fisiológico de diferentes cultivares de (*Coffea arabica* L.) no sul de minas. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 26, Marília, SP, p.323, 2000.