

MÔNICA MATOSO CAMPANHA

Análise comparativa de cafeeiros (Coffea arabica L.) em sistema agroforestal e monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS –BRASIL
2001

☞ *“Que Deus me dê serenidade
Para aceitar as coisas que não posso mudar,
A valentia para mudar o que se pode,
E a sabedoria para conhecer a diferença”* ☞

Dedico este trabalho
Aos interessados pelas ciências da terra,
Que, de alguma forma, se preocupam
Com o meio ambiente em que vivem



AGRADECIMENTOS

À Vera Lúcia Mattoso, mãe e amiga, pelo apoio, incentivo e carinho em todos os momentos desta caminhada.

À todos os brasileiros que, por meio da Universidade Federal de Viçosa (UFV), da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pela compreensão, apoio, incentivo e orientação e sobretudo pela confiança depositada e oportunidade concedida.

Ao professor Ricardo Henrique Silva Santos, pela disposição, dedicação, paciência e acompanhamento.

Aos professores Gilberto Bernardo de Freitas e Hermínia E. P. Martinez, pelo aconselhamento.

Ao Sr. Antônio Ferreira, pela confiança e cooperação, cujos préstimos foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

À Silvana Lages Ribeiro Garcia e Hélio Garcia Leite, pela colaboração.

Ao professor Cosme Damião Cruz, do Departamento de Biologia Geral da UFV, pela disposição, valiosas sugestões e grande colaboração na análise estatística.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia da UFV, Mara, Vicente Madaleno, Ribeiro, Domingos, Zé Eduardo, Sabino, Marcos, e do setor de Fruticultura, Vicente pela cooperação e ajuda.

Aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa que colaboraram, quando solicitados.

A Fernando Silveira. Franco e Cássio Murilo pela ajuda e informações, assim como para o grupo Apêti de Agrossilvicultura.

Aos estagiários Silvío Jr., João Carlos e Lúcia, pelo auxílio na coleta de dados.

À Márcia Lima Moura e Ângelo Rodrigues, amigos e companheiros de percurso.

À Lana, Leonor e Marcão pela amizade.

À família e amigos que, de várias formas, contribuíram para a minha formação técnica e pessoal.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MÔNICA MATOSO CAMPANHA, filha de Vera Lúcia Mattoso e Jomar Campanha de Souza, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 02 de setembro de 1971.

Graduou-se em Agronomia, em janeiro de 1994, pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

Concluiu o Mestrado em Fitotecnia, em fevereiro de 1997, na área de Manejo Pós-colheita de Produtos Hortícolas, pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

Em março de 1997, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, nesta mesma instituição.

Em março de 1999 especializou-se em Planejamento e Gestão Ambiental, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Belo Horizonte, MG.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xii
1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1.Efeito do Sistema Agroflorestal sobre as características do ambiente	7
2.1.1.Queda e Teor de nutrientes da serrapilheira	7
2.1.2.Características do solo	10
2.2.Efeito do Sistema Agroflorestal sobre as características do cafeeiro	14
2.2.1.Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro	14
2.2.2.Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro	18
2.2.3.Pragas e Doenças do cafeeiro	20
2.2.4.Estado nutricional do cafeeiro	24
2.2.5.Produção de café	26
3.METODOLOGIA	28
3.1.Caracterização geral da área	28
3.2.Estudo do ambiente	29
3.2.1.Temperatura do ar e precipitação	29
3.2.2.Dados do componente arbóreo	29
3.2.3.Dados da serrapilheira	30

3.2.4.Dados do solo	31
3.2.4.1.Umidade	31
3.2.4.2.Fertilidade	32
3.3.Estudo do componente café	32
3.3.1. Desenvolvimento vegetativo	32
3.3.2. Desenvolvimento reprodutivo e Produtividade	33
3.3.3. Incidência de pragas e doenças	34
3.3.4. Avaliação do estado nutricional	35
3.4.Análise dos dados	35

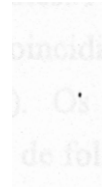
Capítulo 1

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CAFEZAL EM SISTEMA AGROFLORESTAL E MONOCULTIVO	39
1.INTRODUÇÃO	39
2.RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
2.1.Estudo do ambiente.	41
2.1.1.Temperatura do ar e precipitação	41
2.1.2.Componente arbóreo..	44
2.1.3.Serrapilheira	45
2.1.4.Características do solo	48
2.2.Estudo do componente café	55
2.2.1.Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro	55
2.2.2.Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro	62
2.2.3.Pragas e Doenças do cafeeiro	69
2.2.4.Estado nutricional do cafeeiro	73
2.3.Produção de café	75
2.4.Discussão geral	77
3.CONCLUSÕES	83

Capítulo 2

ANÁLISE DE CONJUNTOS DE CARACTERÍSTICAS COM POTENCIAL DE INTERFERÊNCIA NA PRODUÇÃO DE CAFÉ SOB SISTEMA AGROFLORESTAL, EM VIÇOSA –MG	85
1.INTRODUÇÃO	85
2.RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
2.1.Análise de trilha	87
2.1.1.Efeito das características vegetativas	89
2.1.2.Efeito da quantidade e do teor de nutrientes da serrapilheira	91
2.1.3.Efeito do teor de nutrientes das folhas de café	93
2.1.4.Efeito das características do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm	94
2.2.Correlações canônicas	97
2.2.1.Entre características vegetativas e Teor de nutrientes das folhas de café	98
2.2.2.Entre características vegetativas e das características do solo na profundidade de 0-20 cm	100
2.2.3.Entre características vegetativas e das características do solo na profundidade de 20-40 cm	102
2.2.4.Entre características vegetativas e características reprodutivas	104
2.2.5.Entre teor de nutrientes das folhas e Características reprodutivas	105
2.2.6.Entre teor de nutrientes das folhas e Características do solo na profundidade de 0-20 cm	106
2.2.7.Entre teor de nutrientes das folhas e Características do solo na profundidade de 20-40 cm	109
2.2.8.Entre teor de nutrientes da serrapilheira e características do solo na profundidade de 0-20 cm	111
3.CONCLUSÕES	114
RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
APÊNDICE	134





RESUMO

CAMPANHA, Mônica Matoso, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2001. Análise comparativa de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em sistema agroflorestal e monocultivo na Zona da Mata de Minas Gerais. Orientador: Fernando Luiz Finger. Conselheiros: Ricardo Henrique Silva Santos, Gilberto Bernardo de Freitas e Hermínia Emília Prieto Martinez.

Na busca de novos conhecimentos acerca de sistema agroflorestal com café (*Coffea arabica* L.), este trabalho teve como objetivos analisar comparativamente cafeeiros sob sombreamento (SAF) e cultivados a pleno sol (SOLT) e avaliar a interferência potencial de alguns fatores na produção de café no SAF. Para isso, por um período de 19 meses, na Zona da Mata mineira, foi determinado em plantas de café, nos dois sistemas: o crescimento vegetativo, pelo número de nós, de folhas, tamanho e área foliar por ramo; o desenvolvimento reprodutivo, pelo número de nós produtivos, de botões florais e de frutos nos diferentes estádios de desenvolvimento (chumbinho, verde, início de maturação, cereja e seco); a incidência de pragas e doenças (broca-dos-frutos, bicho-mineiro, cercosporiose e ferrugem); o estado nutricional; a produção e a produtividade. Foram quantificadas a queda e o teor de nutrientes nas serrapilheiras e realizada análise de rotina e determinação de umidade nos solos em cada sistema, além do monitoramento da temperatura do ar. O componente arbóreo do SAF foi caracterizado e seu crescimento acompanhado. Verificou-se que, no SAF, a sombra promovida pelas 133 árvores de 26 espécies, reduziu a

amplitude térmica neste sistema, que apresentou em média, temperatura máxima de 2,6°C abaixo daquela registrada no SOLT. Todas as árvores obtiveram ganho em crescimento, sendo *Casuarina* sp., *Eugenia uniflora*, *Licania tomentosa*, *Hovenia dulcis* and *Mangifera indica* as mais abundantes. Nos dois sistemas, o período de maior crescimento vegetativo do cafeeiro coincidiu com o período de chuvas e temperaturas mais altas (primavera/verão). Os cafeeiros no SAF apresentaram menores crescimento de ramos e emissão de folhas, mas mostraram menor desfolha e, em média, folhas de maior tamanho; e iniciaram seu processo produtivo mais cedo, com menor número de nós produtivos e botões florais, refletindo em menor quantidade de frutos na colheita. A incidência do bicho-mineiro e broca-dos-frutos foi pequena nos sistemas, porém a lavoura sombreada foi mais infestada pela cercosporiose e ferrugem. Em ambos os sistemas, os cafeeiros apresentaram teores foliares adequados de N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn, baixos de P e K e alto de S e B. Maiores teores de nutrientes foram encontrados na serrapilheira do SOLT, exceto Ca e Zn, no entanto, o SAF contribuiu com $6,1 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de serrapilheira ao sistema, enquanto que o sistema a pleno sol, com $4,5 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.ano⁻¹. O SAF apresentou maior teor de umidade na camada de 20-40 cm do solo, além de valores de pH, Ca, Mg, K, Zn, V acima, e de Al, m e CTC a pH 7, abaixo daqueles mostrados pelo SOLT. A produção média dos dois anos, de 40 sc.ha⁻¹ de café em coco do cafezal solteiro, foi superior a de 8,6 sc.ha⁻¹ de café em coco do cafeeiro em sistema agroflorestal. Analisando apenas os cafeeiros no SAF, constatou-se que o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro apresentou alta correlação positiva com a produção, destacando o número de folhas. A quantidade e qualidade da serrapilheira tende a influenciar a produção de café, observando que maior teor de manganês na mesma interferiu negativamente. As pragas e doenças mostraram-se pouco interferentes, enquanto que o estado nutricional da lavoura cafeeira foi fator relevante tanto para o crescimento como para produção. O número de folhas, de nós e a presença de frutos na planta interferiram e foram afetados pela condição nutricional da lavoura, sendo que cafeeiros com menor teor de cobre ou maior de zinco e nitrogênio nas folhas, tenderam a crescer mais e serem mais produtivos. As características do solo no horizonte mais superficial (0-20 cm) estiveram mais correlacionadas com a produção de café, que aquelas obtidas na profundidade de 20-40 cm, observando que a saturação de bases (V) e os teores de Ca, Mg e K da primeira camada do solo estiveram significativa e positivamente correlacionados

com a produção. O solo ainda afetou o crescimento vegetativo do cafeeiro, o estado nutricional da lavoura e o teor de nutrientes. na serrapilheira. O crescimento do cafeeiro foi favorecido pelo maior teor de K, P e umidade na camada de 0-20 cm do solo, e pela redução do teor de Al na camada de 20-40 cm. O estado nutricional das plantas de café, destacando o teor de P, sofreu influência positiva do teor de umidade, de matéria orgânica, pH e CTC dos solos, que influenciaram também a concentração de nutrientes na serrapilheira.

ABSTRACT

CAMPANHA, Mônica Matoso, D.S., Universidade Federal de Viçosa, September 2001. Comparative analyses of coffee plants (*Coffea arabica* L.) in **agroforestry systems** and monocrop in the Zona da Mata of Minas Gerais. Advisor: Fernando Luiz Finger. Committee members: Ricardo H. S. Santos, Gilberto Bernardo de Freitas and Hermínia Emília Prieto Martinez.

Looking for a new approach on coffee (*Coffea arabica* L.) agroforestry systems, this research aimed to compare coffee plants growing in **an** agroforestry system (SAF) and plants growing in monocrop (SOLT); and to evaluate the potential effect of some factors on coffee production. In the Minas Gerais State Forest Zone, during 19 months, for the two different systems, it was determined in the coffee plants: vegetative growth by the number of nodes and leaves, the branch length, and leaf area per branch; reproductive development by the number of productive nodes, floral buds, and fruits in each stage of development (pinhead, green, beginning maturation, cherry and dry); incidence of pests and diseases (coffee berry borer, leaf-miner, 'ring spot' and 'rust'); nutritional status; production and productivity. The litter fall and nutrient levels of leaf litter were quantified, chemical analyzes and moisture level of soils were determined in each system, and air temperature was monitored throughout the experiment. The trees on the SAF were characterized and its growth followed. In the SAF the shading from the 133

trees from 26 species reduced the magnitude of the diurnal temperature range of the system, which showed a maximum temperature of 2.6°C lower than those registered for SOLT system. All tree presented growth increase, and the most found species were *Casuarina* sp., *Eugenia uniflora*, *Licania tomentosa*, *Hovenia dulcis* and *Mangifera indica*. In the two systems, the period of coffee plants vegetative growth was the same of the rainy and high temperature periods (spring/summer). The coffee plants in **SAF** system showed less branch growth, less leaf production, however, they showed more persistent and larger leaves; and showed earlier flowering, with a smaller number of productive nodes and flower buds, leading to a smaller berry yield at harvest. There was little incidence of led-miner and coffee berry borer in both systems, however, the shaded coffee was more infected by 'ring spot' and 'rust'. The coffee plants in both systems showed leaf nutrient levels adequate for N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, and Mn, low for P and K, and high for S and B. The highest nutrient levels were found in the leaf litter of SOLT system, excluding Ca and Zn, however, **SAF** system contributed with $6,1 \times 10^3$ kg dry matter.ha⁻¹.year⁻¹ of litter while SOLT produced $4,5 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.year⁻¹. The soil of SAF system showed higher moisture levels in the layer between 20 and 40 cm, higher pH, Ca, Mg, K, Zn, and V values, and lower Al, *m*, and CTC values than soil of SOLT system. The berry yield of 40 sc.ha⁻¹ from monocrop coffee was higher than the 8,6 sc.ha⁻¹ from the agroforestry system. In the **SAF** coffee plants, the vegetative growth had a high positive correlation with production, moreover the number of leaves. The litter quantity and quality have a tendency in influence the coffee production, expressed by the negative interference of high levels of Mn from the litter. Pests and diseases were noticed to have little interference on growth and production of coffee, while the nutritional status of coffee plants was relevant. The number of leaves, nodes, and the presence of fruits in the plant had and suffered influence from the nutritional status, furthermore, the coffee plants with lower levels of copper or higher levels of zinc and nitrogen in the leaves grew more and were more productive. The soil characteristics from the first 20 cm depth had more correlation with coffee production than those obtained in a deeper layer (20-40 cm), showed by the positive correlation of percentage saturation (V) and levels of Ca,

Mg, and K with production. The soil influenced the vegetative growth of coffee plants, the nutritional status of the plantation, **and** the nutritional levels in the litter. The coffee plant growth was stimulated by the higher levels of K, P and moisture in the soil surface (0-20 cm) and by the lower level of Al in the soil layer between 20 and 40 cm. The nutritional status of coffee plants, mainly P level, was positively influenced by soil moisture, organic matter, pH, and CEC levels, which also influenced the litter nutrient status.

1.INTRODUÇÃO

O café movimenta cerca de US\$ 35 bilhões por ano no mercado mundial, sendo importante atividade para a geração de emprego e renda em muitos países. Estima-se que mais de 20 milhões de pessoas no mundo dependem diretamente dessa atividade para a sua sobrevivência. A principal região produtora no mundo é a América do Sul, sendo o Brasil (32,3% da produção mundial e 23,1% da exportação mundial em 1999) e Colômbia (11,4% da produção e 14% das exportações) os dois maiores produtores (CAIXETA e TEIXEIRA, 1999).

O Brasil cultiva café desde 1727. O cultivo se iniciou no Pará, indo para o Maranhão, Pernambuco e Bahia, se expandindo pelas diversas regiões do país, tendo sido solidamente implantado no Sudeste e Sul, nos estados de MG, RJ, ES, SP e PR, tornando-se por muito tempo o principal gerador de divisas para o Brasil. Hoje, concentra-se em Minas Gerais, que contribuiu com cerca de **58%** da produção brasileira em 1998/99 (19,6 milhões de sacas dos 33,9 milhões) (CAIXETA, 1999), e tem sua relevância social na geração de empregos e no fator de fixação da mão-de-obra no meio rural.

O café é produzido em cerca de 1700 municípios brasileiros e em 300 mil propriedades. A área cultivada é de aproximadamente 2,2 milhões de hectares, sendo 829 mil hectares somente no estado de Minas Gerais. (CAIXETA et al., 2000). A safra de 2000/01 foi estimada, pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento/Secretaria de Produção e Comercialização, em 31,1 milhões de

sacas beneficiadas. Minas Gerais contribuiu com 15,9 milhões (51%), sendo toda a produção de café arábica.

O café já representou 80% das exportações brasileiras. Atualmente, reduziu sua participação relativa, passando de uma parcela média de 30% nos últimos 30 anos para 20,4% entre 1990 e 1998, porém, este ainda é um dos principais produtos agrícolas do país. Em 1998, o café forneceu 2,3 bilhões de dólares à balança comercial brasileira, com 4,5% das exportações totais (AMARAL, 2000).

O Brasil, além de grande produtor, também possui um grande mercado consumidor interno, girando em torno de 11 a 12 milhões de sacas/ano, posicionando-se como o 2º maior mercado consumidor mundial.

A partir do início da década de 90, mudanças significativas puderam ser observadas no mercado mundial de café. O mercado de cafés especiais*, aqueles que são produzidos dentro de um sistema que realiza um mínimo de dano ao meio ambiente, desenvolveu-se com ênfase na qualidade e no respeito ao consumidor. Antes valorizava-se o produto homogêneo, com poucas variações, ou seja, o produto de massa, o café chamado “comodity” (matéria-prima). Atualmente, a valorização dos nichos de mercado, somada à exigência em praticidade, qualidade e segurança demandam produtos com maior valor agregado, isto é, cresce a demanda pelo café *f í o* ou *gourmet*.

* Café especial é sinônimo de café fino ou de qualidade, constituído por cafés do tipo *gourmet* e *premium*. O “gourmet” é uma subdivisão do café especial, representando de 20 a 25% da colheita. O Café Orgânico também pode ser um tipo de café especial, pois este modo de cultivo oferece bebida de qualidade superior. A certificação do Café Orgânico, proporciona aos consumidores a segurança de que foi cultivado e processado sem agredir o meio ambiente, no entanto, a qualidade deste está também ligada aos tratamentos pós-colheita (MELLO, 2001). O café especial requer cuidados em todo seu processo produtivo e especialmente na colheita e pós-colheita. É um café de boa qualidade organoléptica, em termos de aroma e sabor. Para produção de cafés especiais, a garantia de origem e qualidade do café está associada à obtenção de um valor adicional obtido pela satisfação dos consumidores. Neste mercado, as características do produto, bem como as do sistema de produção, dados sobre o produtor e sua localização tem grande influência na decisão de compra. O consumidor demanda informações sobre a origem, como foi produzido, o impacto ambiental e a responsabilidade social do produtor. (CAIXETA, 2001).

Os mercados consumidores desse tipo de café crescem a uma velocidade superior à do mercado produtor correspondente, e a maior procura em detrimento da oferta desse tipo de café tem determinado sensível diferencial de preço. Com relação à **isso**, cerca de apenas **5%** da produção mundial são destinados a atender a esse mercado, e, à exceção do Brasil, não existe, mundialmente, disponibilidade para seu amplo cultivo (CAIXETA e TEIXEIRA, 1999). O consumo de cafés especiais nos Estados Unidos vem registrando crescimento médio de 20% ao ano, nos últimos dez anos (Furtado, 1998 citado por MEZZOMO e RIBEIRO, 1999).

Observa-se ainda que, no mercado consumidor interno brasileiro, que projeta crescimento expressivo, também há uma maior exigência quanto a qualidade, tendo aumentado a preferência por cafés finos. Pesquisas mostram que a maioria dos consumidores nacionais pagariam mais caro por um café que não degradasse o meio ambiente nem carregasse resíduos tóxicos (AGUIAR, 2000).

A qualidade do produto é um aspecto chave na reconquista de mercados, uma vez que está ocorrendo, a nível mundial, uma crescente segmentação quanto à bebida e sua origem. Os participantes da Organização Mundial do Comércio (OMC) iniciaram, em 1998, as negociações para a definição de regras de origem para os produtos agrícolas, criando uma legislação que defina o café por origem (MEZZOMO e RIBEIRO, 1999). No mercado interno, a criação de “selo” segundo a origem do café, já existe em algumas regiões, explorando o potencial dos nichos de mercado. Outras regiões, como a Zona da Mata, já estão delimitadas para a aquisição deste selo (Café das Matas de Minas).

Neste cenário, a produção de cafés especiais é promissora, mas para atingir esse mercado, os agricultores necessitam adotar mudanças nas tecnologias atuais, como utilização de métodos orgânicos e sustentáveis, sem o uso de defensivos agrícolas. Os café orgânicos (isentos de produtos químicos) certificados já recebem um valor diversificado, cerca de 2 a 3 vezes acima do mercado normal de cafés de boa qualidade, em países como o Japão e na Europa (SOROAGY et al., 1998).

Na busca de sistemas de produção sustentáveis, os sistemas agroflorestais surgem como alternativa. Sistemas Agroflorestais (SAFs) são alternativas de uso e manejo dos recursos naturais nos quais espécies lenhosas (árvores, arbustos) são

utilizadas em associação deliberada com culturas agrícolas, de maneira simultânea ou em seqüência temporal, com interações ecológicas e/ou econômicas significativas entre os componentes (NAIR, 1993). Sendo o café uma planta natural de sub-bosque, é possível o consórcio com espécies arbóreas, desde que feito de maneira planejada.

A cafeicultura sombreada é um sistema de cultivo muito utilizado em países da América Central, América do Sul, México, Índia e alguns países da África (MATIELLO, 1995; SEVERINO E OLIVEIRA, 1999). O SAF oferece ao cafeeiro um ambiente mais próximo ao de uma floresta, onde ele evolutivamente se originou. Desta forma, teoricamente, pode-se obter uma produção mais estável, com melhor proteção do solo contra a erosão, microclima e umidade mais favoráveis, melhor aproveitamento da matéria orgânica e abrigo a muitos insetos benéficos que agem como controladores de pragas, muitas vezes dispensando o controle químico.

Para pequenos produtores, esta prática é uma estratégia de sobrevivência, pois a diversificação desse sistema, com produção paralela de madeira, frutas e outros subprodutos diminui os riscos de estar totalmente à mercê de variações nas cotações do café no mercado internacional, das grandes e rápidas mudanças sociais e das imprevisões da natureza, além de viabilizar a agricultura familiar (ALVES et al., 2000; LUNZ et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; FRANCO, 2000).

No sul de Minas, que inclui a Zona da Mata, cerca de 60% dos produtores de café são pequenos e médios, muitos descendentes de famílias que já se encontravam na atividade. Em 1997 foi criada uma Associação, congregando 32 municípios, que vem lutando pela implantação do café mais sustentável, com um sistema de produção rentável e reprodutível, que não polua o meio ambiente e gere empregos permanentes. É nessa região que estão surgindo os primeiros produtores de café orgânico do Brasil.

A combinação entre qualidade e preço, o que implica na aprimoração do produto final, é o que move atualmente o processo de mudança, e que vem direcionando a lógica de decisão quanto ao tipo e ao processo do café produzido (TEIXEIRA et al., 2000). A preocupação com as tendências internacionais e locais deve ser um fator incorporado aos processos de decisão. A questão ambiental, se

por um lado abre novos nichos de mercado, por outro exige investimentos em novas tecnologias e especialmente em pesquisas. Os sistemas agroflorestais representam um novo enfoque de desenvolvimento rural, uma nova perspectiva de modelo de uso da terra, pela sua adequação ao ideal de desenvolvimento sustentável.

As pesquisas cumprem, portanto, o desafio na busca da melhor qualidade do café, que se inicia na produção (fatores ambientais, cultivares resistentes, manejo da lavoura, processamento pós-colheita, aumento da produtividade e redução dos custos de produção), indo para a indústria (ponto de torra, grau de moagem, pureza e classificação quanto ao tipo de bebida e a busca de máquinas/equipamentos com usos mais eficazes), terminando no comércio (data de validade, qualidade da bebida e condições de armazenamento) (MEZZOMO e RIBEIRO, 1999). Cada região tem suas especificidades, o que determina a sua trajetória.

Ainda, todo esse desenvolvimento científico e tecnológico necessita ir de encontro aos produtores, principalmente os pequenos e médios, para que eles consigam ser incorporados ao processo de desenvolvimento sustentável. De acordo com GUIMARÃES et al. (2000), essa união entre produtores, pesquisadores e assistência técnica é uma oportunidade de prestar contas dos investimentos feitos à sociedade e, ao mesmo tempo, mostrar a ela que os gastos em pesquisa proporcionam um grande retorno econômico e social ao país.

Definir prioridades na área de pesquisa pode constituir-se em tarefa difícil, porém é extremamente importante. A atenção à qualidade do produto, que capacitou a Colômbia a consolidar sua imagem junto aos consumidores, admirada no mundo cafeeiro, pode ser perseguida também pelo Brasil.

O presente trabalho objetivou analisar comparativamente cafeeiros sob sombreamento (sistema agroflorestal) e cultivados a pleno sol (monocultivo), avaliando o crescimento vegetativo, o desenvolvimento reprodutivo, a incidência de pragas e doenças, o estado nutricional e a produção de café em coco, em plantas de café de ambos os sistemas. Foi também objetivo de estudo a comparação da queda e do teor de nutrientes da serrapilheira, das características químicas, da fertilidade e do teor de umidade dos solos e da temperatura ambiente nas lavouras de café, nos dois sistemas, além de caracterizar o componente arbóreo do sistema agroflorestal.

Para este último (SAF), foi ainda objetivo deste trabalho, avaliar a interferência potencial dos diversos fatores acima citados, na produção de grãos de café e inferir sobre o grau de correlação entre estas características.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1.Efeito do Sistema Agroflorestal sobre as características do ambiente

2.1.1.*Queda e Teor de nutrientes da serrapilheira*

Um dos potenciais para a utilização de sistemas agroflorestais (SAFs) é a capacidade dos mesmos na conservação do solo, pela manutenção da fertilidade e produtividade (NAIR, 1993). A tarefa das bores em relação à ciclagem de nutrientes representa fator importante para a sustentabilidade do solo em sistemas agrícolas, sendo destacada em consórcios com café e cacau (ARANGUREN et al., 1982; MONTAGNINI et al., 2000).

Nos SAFs, o componente arbóreo pode contribuir na manutenção da ciclagem de nutrientes através de suas raízes que exploram um volume maior de solo, principalmente em maiores profundidades, contribuindo na redução da perda de nutrientes pela lixiviação e no fornecimento de nitrogênio quando se utiliza espécies fixadoras; e também pela produção contínua de material orgânico que se deposita sobre o solo, constituindo a serrapilheira (MacDICKEN e VERGARA, 1990; PALM, 1995). Diversos relatos na literatura mostram que árvores são produtoras de grande quantidade de material orgânico através da queda, principalmente de suas folhas, mas também ramos, flores e frutos (NAIR, 1993; SANCHEZ, 1995). Em geral, as plantações de café a pleno sol acumulam menos

serrapilheira que aquelas abaixo de sombreamento regulado (FOURNIER, 1987), uma vez que é composta basicamente de folhas de café.

A serrapilheira depositada sobre o terreno atua como cobertura protetora do solo, melhorando a retenção e infiltração de água, protegendo o solo contra a erosão e fornecendo ainda nutrientes e matéria orgânica (OTS, 1986; PALM, 1995). De acordo com FERNANDES (1986), a presença de cobertura morta em cafezais foi capaz de controlar perdas de 65% de partículas de sólidas e 55% de água do solo. A manta orgânica formada ainda serve de abrigo para insetos que são agentes importantes na manutenção do equilíbrio ecológico e no controle de pragas da lavoura. Foram encontradas grande diversidade da mesofauna do solo (OLIVEIRA, 2000; FRANCKLIN e MORAIS, 2000) e alta atividade microbiana (WANDELLI et al., 2000; LUIZÃO et al., 2000) em serrapilheira de SAFs, relacionados com a grande diversidade florística e a quantidade de liteira destes sistemas. O aumento na diversidade biológica acontece tanto pela criação de novos nichos para animais, pássaros, insetos, etc., quanto pelo maior número de plantas no sistema (MACEDO et al., 2000).

Os sistemas agroflorestais possuem grande importância na conservação e/ou incremento da biodiversidade de plantas cultivadas, uma vez que procura fazer uso de múltiplas espécies e ainda conservar e/ou utilizar espécies de caráter regional. A conservação das espécies no próprio local é uma das estratégias para a proteção das flora existente, diminuindo o risco de extinção de plantas endêmicas da região (ANDRADE et al., 2000; MITJA e COSTA, 2000). A conservação da diversidade é importante pela garantia da segurança alimentar da humanidade, além do seu aspecto ecológico e comercial.

Os SAFs também podem funcionar como corredores ecológicos, que são pequenas ilhas florestadas, que aumentam a heterogeneidade na paisagem estimulando movimentos de dispersão para muitas espécies. Estes movimentos promovem a recolonização de fragmentos recipientes, aumentando o fluxo gênico, a adaptabilidade e densidade de espécies e a diversidade biológica no ecossistema (GAJASENI et al., 1996; Forman, 1995 citado por SANTOS et al., 2000).

Entre outras contribuições ambientais da presença de árvores está a proteção de mananciais hídricos e o potencial de sequestro de carbono da atmosfera (McCAFFERY et al., 2000; RODRIGUES et al., 2000). O estabelecimento de sistemas agroflorestais acumulam carbono ao longo do tempo, podendo recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima das florestas. Os SAFs estudados por RODRIGUES et al. (2000) foram capazes de recuperar entre 54% e 82% do carbono contido na floresta, em um período de 15 anos, funcionando com banco de estoque de carbono. Além de capturar grandes quantidades de carbono da atmosfera e armazená-lo em sua biomassa, os SAFs podem recuperar e manter o nível de carbono orgânico no solo semelhante ao da floresta (RECCO et al., 2000).

A manutenção da capacidade produtiva dos solos está atribuída ao seu teor de matéria orgânica (MO), responsável por vários benefícios ao solo, entre eles o aporte de carbono e nutrientes ao sistema, e melhoria das condições físicas e químicas (BRADY, 1989; FROUFE et al., 1997; COSTA et al., 1997). Em geral, 95% do N e S e entre 20 e 70% do P da camada superficial dos solos são encontrados na matéria orgânica. A participação da MO na CTC dos solos tropicais pode variar de 20 a 80% do valor total (MENDONÇA e LOURES, s/d.).

A quantidade de matéria orgânica e nutrientes reciclada ao sistema depende da taxa de decomposição do material formador da serrapilheira. Os principais fatores que controlam este processo são o clima (temperatura e umidade), a qualidade do substrato e a natureza e abundância dos organismos decompositores. A composição de nutrientes é a característica que mais influencia os estágios iniciais da decomposição. Além do nitrogênio, aumento na concentração de cálcio tem sido associado à rápida perda de peso do material vegetal (UPADHYAY et al., 1989; BLOOMFIELD et al., 1993). A atividade biótica é inibida ainda pelo frio, condições ácidas, umidade excessiva ou insuficiente e pouco arejamento do solo (POGGIANI, 1985). O sincronismo entre a disponibilidade de nutrientes e a necessidade da cultura é um dos meios de alcançar eficiência em sistemas agroflorestais.

Existem na literatura numerosos exemplos da contribuição potencial de biomassa e nutrientes de várias espécies lenhosas, ao serem integradas dentro de

sistemas de produção de culturas agrícolas (BÖRNEMISZA, 1982; SANCHEZ, 1995; WANDELLI et al., 2000). Em plantações de café sob sombreamento, a quantidade de matéria orgânica que alcança o solo pode variar de 5×10^3 a 20×10^3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de matéria seca. ARANGUREN et al. (1982) encontrou um total de $11,2 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de matéria seca caída no solo de cafezais sombreados, sendo que **43,4%** do total deste material foi atribuído às árvores e 14,8% às folhas de café. No Paraná, a espécie *Grevillea robusta*, utilizada para sombreamento e quebra-ventos em cafezais, foi capaz de produzir mais de 10.000 kgMS.ha⁻¹.ano⁻¹ de serrapilheira, contribuindo expressivamente para a ciclagem de nutrientes no sistema (MARTINS et al., 2000).

Na maioria das vezes, as folhas são o principal componente da serrapilheira, sendo particularmente importante o conteúdo de nitrogênio estocado nestas (MOGOLLÓN et al., 1997; TAPIA-CORAL et al., 2000). As quantidades de fósforo e potássio da serrapilheira são também relevantes (CUENCA et al., 1983; CHAMORRO-TREJOS et al., 1994; ARGÜELLO-ARIAS, 1995). Em sistema agroflorestal com café, SEVERINO e OLIVEIRA (1999) encontraram uma média de 49 kg.ha⁻¹ de N em serrapilheiras coletadas por quatro meses, com aportes de P e K na faixa de 2,9 kg.ha⁻¹ e 136 kg.ha⁻¹ respectivamente. Neste caso, a quantidade de nutrientes fornecida ao sistema pela serrapilheira excedia a extração pela colheita dos frutos de café. Em outro SAF com café foi encontrado um total de 172 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nitrogênio, as árvores de sombra participando com **46%** (cerca de 80 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) e as folhas de café com **16%** (ARANGUREN et al., 1982). BABBAR e ZAK (1994), registraram taxa de mineralização de N em solos de cafezais sombreados mais alta que em solos de lavouras cultivadas a pleno sol.

2.1.2. Características do solo

O solo é um dos componentes fundamentais nos sistemas de cultivo de café. Atributos edáficos foram encontrados correlacionando significativamente com a produção de café, como teor de silte e argila, pH, alumínio trocável (Al), saturação de alumínio (m), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V),

soma de bases trocáveis (SB), matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K), relação Ca:Mg e Mg:K. Correlações positivas com a produção foram encontradas em relação ao pH e V em horizontes superficiais; e negativas relativas aos teores de Al e m em horizontes superficiais, e CTC e V em subsuperficiais (WEILL, 1990). Ao contrário, MARTINEZ et al. (2000) mostraram que existiu fraca correlação entre concentrações de nutrientes no solo e produtividade de cafeeiros, atribuindo a isso a baixa fertilidade natural dos solos, estando a nutrição das plantas, nesses casos, quase que totalmente dependente da adubação. Além disso, embora seja o solo, na maior parte dos casos, o meio obrigatório para o fornecimento de nutrientes à planta, sua análise informa somente a disponibilidade de nutrientes nele contida, não permitindo avaliar se esses nutrientes serão efetivamente adquiridos pelos vegetais.

Os solos brasileiros são, em sua maioria, de baixa fertilidade, baixa CTC, com elevada acidez, baixo teor de matéria orgânica, baixo teor de nutrientes minerais como P, Ca, Mg e K e elevados de Al. Geralmente, o desenvolvimento da lavoura cafeeira só é possível mediante correção e fertilização do solo. A concentração de íons H^+ , dentro de certos limites, não prejudica diretamente o crescimento do cafeeiro, que pode crescer bem em solução nutritiva com pH ao redor de 4,2. No entanto, os microrganismos responsáveis pela decomposição do material orgânico não crescem satisfatoriamente em pH inferior a 5,5. De acordo com SOUZA et al. (2000), a maioria dos solos de Viçosa se situam em pH abaixo de 5,5.

Vários autores discutem acerca dos benefícios potenciais das árvores no sistema agrícola (BAGGIO, 1983; MacDICKEN e VERGARA, 1990; NAIR, 1993). O efeito das borres no crescimento das culturas é devido a combinação de fatores como a contribuição para melhoria das condições físicas e químicas do solo através tanto de suas raízes como de suas folhas, e o aumento da retenção de água no solo. As árvores reduzem a erosão tanto hídrica como eólica (SANCHEZ, 1995; FRANCO, 2000), pela atuação como barreira física ou pelo material orgânico depositado sobre o solo, constituído principalmente de folhas. Este, além de reduzir a temperatura do solo (JARAMILLO-ROBLEDO e GÓMEZ-GÓMEZ, 1989),

fornece matéria orgânica e nutrientes ao sistema. O componente arbóreo é ainda capaz de alterar o microclima abaixo de seu dossel, reduzindo a amplitude térmica e aumentando a umidade, reduzindo com isso a transpiração das plantas sob este dossel (OTS, 1986; KIMENIA e NJOROGE, 1988; KJELGREN, 1994; PEZZOPANE et al., 2000). Suas raízes melhoram infiltração de água, contribuem para a estabilidade dos agregados e promovem a ciclagem de nutrientes de camadas mais profundas do solo (PAVAN e CHAVES, 1996; MARTINS et al., 2000). Podem ainda fixar N atmosférico e conter bactérias solubilizadoras de fosfato (amam sobre o P de adubos insolúveis aplicados ao solo) que contribuem para uma melhor nutrição das plantas (CHAGAS JR et al., 2000). DINKELMEYER et al. (2000) encontrou, no Brasil, árvores que absorvem o N aplicado como fertilizante, nas camadas mais profundas do solo, reduzindo substancialmente a perda por lixiviação deste elemento no solo. A presença de cobertura arbórea sob os solos como fator de manutenção dos recursos hídricos também é preconizada por outros autores (PNF, 2000).

Comparando sistemas, FRANCO et al. (1994) observaram que o sistema agroflorestal apresentou teores de fósforo na camada superficial do solo mais elevado do que sob mata natural e pastagem, além de contribuir para a conservação do N no solo. Maiores teores de nutrientes e de pH e menor valor de alumínio trocável foram encontrados no SAF. Melhoria da fertilidade do solo, comparada com área de vegetação nativa, também foi descrita por outros autores (SEVERINO e OLIVEIRA, 1999; LUIZÃO et al., 2000). Em experimentos de árvores com café, Beer (1988) citado por MONTAGNINI et al. (2000), encontrou que a quantidade de nutriente reciclado pela associação alcançava os níveis de fertilizantes recomendados para a produção de café.

O ambiente mais ameno proporcionado pela redução da amplitude térmica e aumento da umidade dentro da lavoura de café sob sombreamento, favorece a atividade microbiana no sistema agroflorestal. FRANCO et al. (1994) encontraram maior atividade microbiana em solos sob SAF, em relação à solos de pastagens, associando a isso a maior diversidade florística, melhor ocupação do solo pelo sistema radicular e melhor cobertura do solo, que evitam a perda de nutrientes e

proporcionam melhores condições para a atividade de microrganismos de solo. A presença de material vegetal proveniente de espécies leguminosas que fixam nitrogênio do ar, como algumas árvores do SAF, também contribui para aumento na velocidade de decomposição (PALM, 1995).

Apesar do benefício potencial que as árvores podem trazer às plantações, estas podem prejudicar o cafeeiro, competindo por água e nutrientes (BAGGIO, 1983; BAUMER, 1993). A competição pela água disponível no solo tem sido um dos fatores controversos em sistemas agroflorestais. O grau de competição depende do padrão da cultura e das árvores, principalmente em relação aos sistema radicular de ambas (quantidade e distribuição) (KIMENIA e NJOROGE, 1988). De acordo com SMITH et al. (1997), a competição pode ser reduzida se as árvores e a cultura explorarem fontes de água espacialmente distintas.

As árvores podem ainda exercer efeitos alelopáticos. A germinação de sementes ou o crescimento das plantas podem ser inibidos pela liberação de compostos químicos, tanto das raízes como de tecidos aéreos das árvores, chamados aleloquímicos. A alelopatia ou injúria provocada pelos aleloquímicos é uma desvantagem potencial dos SAFs, uma vez que se conhece pouco das interações entre as espécies (MacDICKEN e VERGARA, 1990; NAIR, 1993).

Alguns estudos demonstram o benefício do sombreamento sobre o crescimento e a produção de café, principalmente em regiões com estação quente e seca, pelo efeito na redução da temperatura e manutenção da umidade no ar e no solo abaixo do dossel de árvores (CAMARGO e FERNANDES, 1989; DANTAS et al. 1990, CARAMORI et al., 1995; SEVERINO e OLIVEIRA, 1999). Por outro lado, KRUG (1965) cita concorrência intensa das árvores com o cafeeiro, causando um elevado déficit de água no solo na área sombreada quando comparada com a monocultura de café.

O status de umidade no solo por si só influencia o crescimento das plantas. Correlação negativa entre a produção de café e deficiência hídrica foi encontrada por PAES DE CAMARGO et al. (1984). De acordo com TESHIA e KUMAR (1979), mesmo em solos férteis, que possibilitem boa nutrição vegetal, os cafeeiros podem não apresentar crescimento satisfatório pela falta de outras condições

propícias, como adequado teor de umidade no solo para a absorção dos nutrientes minerais. Estes autores observaram que à medida que aumentava o nível de umidade no solo, ocorria aumento de potássio e diminuição de fósforo no tecido foliar. O teor de umidade também interfere na decomposição da matéria orgânica do solo, interferindo diretamente na mineralização do N (BABBAR e ZAK, 1994).

2.2.Efeito do Sistema Agroflorestal sobre as características do cafeeiro

2.2.1.Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro

As várias partes de uma planta crescem em diferentes ritmos e épocas do ano, como consequência da interação de fatores genéticos, nutricionais e ambientais, e o cafeeiro não constitui exceção. Nos trópicos, onde as estações do ano não são bem caracterizadas, a periodicidade de crescimento das plantas é geralmente atribuída a dois fatores principais: a temperatura e distribuição das chuvas. Para as plantas de café, a variação no comprimento do dia também pode interferir na periodicidade de crescimento (BARROS, 1972).

A temperatura é o fator que melhor se associa com a queda sazonal das taxas de crescimento (MOTTA, 1988). O cafeeiro tem seu crescimento vegetativo da parte aérea paralisado quando a temperatura do ar é inferior a 14°C, independente da umidade do solo, do fotoperíodo e da nutrição (NACIF, 1997). Um ótimo de temperatura, segundo RENA e MAESTRI (1986), está compreendido entre 18 e 21°C. A partir de 24°C, cada aumento de 1°C na temperatura atmosférica provoca uma redução de 10% na produção de matéria seca do cafeeiro, de tal modo que à 34°C, o crescimento seria praticamente nulo. Chuvas após curtos períodos de seca, promovem aumentos nas taxas de crescimento. Para BARROS e MAESTRI (1974), o fotoperíodo foi também responsável pela queda destas taxas.

A variação de crescimento vegetativo durante o ano também acompanha o ciclo reprodutivo da planta. O crescimento da parte aérea está associado com variações na distribuição de matéria seca entre e dentro dos sistemas aéreo e radicular. Os frutos em crescimento são o mais forte dreno metabólico, limitando a

mobilização de assimilados para os tecidos vegetativos e podendo reduzir o crescimento vegetativo na época de produção de grãos (CANNELL, 1976; THOMAZIELLO et al., 2000). No entanto, a presença de frutos estimula a fotossíntese nas plantas de café.

De acordo com BARROS et al. (1995), o ciclo de crescimento do café consiste em uma fase preparativa e outra construtiva. Na primeira, a qual está associada ao período seco do ano, as gemas florais são formadas, o número de nós é potencialmente determinado, e ocorre maturação dos ramos para a próxima produção e amadurecimento dos frutos. Durante a fase construtiva, que começa com o início das chuvas, as flores se abrem, e os entre-nós, folhas, frutos e gemas terminais crescem.

Embora a maioria das plantações de café no Brasil seja conduzida a pleno sol, evolutivamente o cafeeiro está adaptado ao ambiente sombreado, pois é originário das florestas equatoriais da Etiópia (KIMENIA e NJOROGGE, 1988). A inclusão de árvores para sombreamento em culturas cafeeiras promovem alterações na distribuição da energia radiante, nas condições térmicas do ar, do solo e da planta, no regime de umidade do ar e vento no ambiente, e na umidade do solo (SÁ, 1994), que culminam por modificar o microclima da lavoura sob o dossel arbóreo. Entretanto, o cafeeiro possui a capacidade de se adaptar à variações do ambiente, mediante alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas (FOURNIER, 1987). As folhas são as que primeiro mostram alterações, embora todas as estruturas da planta possam se modificar para se ajustar ao novo habitat, sendo a luminosidade e a temperatura os fatores que mais influem sobre a taxa de crescimento e fotossíntese das mesmas (ARCILA e CHAVES, 1995). Correlação significativa entre fotossíntese e crescimento de ramos, e estes com temperatura foram encontrados por SILVA et al. (2000). A quantidade de radiação interceptada pelas plantas e o regime de radiação dentro do dossel, durante a fase de crescimento, influi sobre o balanço energético das mesmas, afetando a floração, produção, taxa de fotossíntese, crescimento e qualidade dos frutos (RODRIGUÉZ et al., 1999)

Em geral, a redução da luminosidade causa aumento da área foliar (LARRAMENDI e ABALLES, 1995). Machado (1946) citado por WELLMAN

(1961), encontrou as menores folhas em cafeeiros crescendo a pleno sol, as maiores crescendo sob 40% de sombra e folhas de tamanho intermediário, sob 75% de sombra. Já Alvim (1960) citado por RENA e MAESTRI (1986), não encontrou diferença entre área foliar total entre plantas de café crescendo sob sol e sob sombra, entretanto o número de folhas por planta diminuiu ao aumentar a sombra. As folhas de café sob sombreamento são mais hábeis na captura da energia radiante que folhas a pleno sol, por apresentarem baixa reflectância devido a alterações na sua estrutura (BARROS et al., 1995). Foi também encontrado maior conteúdo de clorofila em folhas de café de plantas crescendo sob sombra (FAHL et al, 1994).

As altas temperaturas e períodos de seca afetam a longevidade das folhas, por causarem diminuição dos níveis de carboidratos nas mesmas (Nunes et al., 1968 citados por RENA e MAESTRI, 1986; RODRÍGUEZ et al., 1999). Foi observado que a arborização diminui a desfolha e mantém os cafeeiros mais verdes (DANTAS et al., 1990). A retenção foliar tem importância relevante como fator de estabilidade da produção, e seu controle direto ou indireto pode oferecer resultados no aumento do rendimento das lavouras. A presença de ámores pode também promover produção de internódios mais longos; redução do número de folhas, porém com folhas de tamanho maior; aumento da longevidade do cafeeiro e redução da incidência de seca de ponteiros (CAMARGO e FERNANDES, 1989).

Trabalhos demonstram que a folha de café realiza menos fotossíntese quando exposta à plena luz solar do que à luz difusa, menos intensa (RENA e MAESTRI, 1986). FREITAS et al. (2000) encontraram maiores taxas fotossintéticas em plantas que receberam mais sombra, comparadas com aquelas menos sombreadas. Este comportamento está vinculado à temperatura da folha. As plantações de café sofrem queda na taxa de fotossíntese líquida quando sob altas temperaturas e luminosidade, devido principalmente ao fechamento dos estômatos. Outras causas podem contribuir para esta diminuição: o aumento da concentração de CO₂ no mesófilo (causado pela fotorrespiração, em plantas C₃ como o cafeeiro), diminuição da condutividade estomática, maior resistência a condutividade no interior da folha e queda do potencial hídrico. A resistência à condutividade das células do mesófilo foliar pode inibir o transporte de elétrons e diminuir a atividade enzimática

(FOURNIER, 1987). Há ainda um efeito negativo no fotossistema II, causado pelo excesso de radiação solar (CANNELL, 1976; FREITAS et al., 2000). Folhas de café expostas a pleno sol podem apresentar temperaturas de até 10°C acima da temperatura do ar. Baixas taxas de fotossíntese também foram observadas em condições de excesso de sombra (FAHL et al., 1994).

O fato da eficiência fotossintética da folha do cafeeiro ser maior à luminosidade moderada do que em plena luz solar, não implica em maior crescimento quando vegetando sob sombra (FRANCO, 1965). Isto porque a grande maioria das folhas de um cafeeiro, mesmo a pleno sol, encontra-se protegida da incidência direta da luz solar, pelo efeito do auto-sombreamento. Em uma planta sombreada, as folhas externas podem estar em condições ótimas de luz para a fotossíntese, mas aquelas situadas no interior da copa do cafeeiro podem não estar recebendo suficiente luminosidade, visto que o componente arbóreo reduz não apenas a quantidade de luz que alcança a cultura como também afeta a qualidade da luz (KIMENIA e NJROGE, 1988; KJELGREN, 1994). Ainda, de acordo com WELLMAN (1961) e KRUG (1965), plantas de café cultivadas a pleno sol produzem mais folhas que aquelas na sombra, e portanto, mais carboidratos. Desta forma, a fotossíntese, considerando todas as folhas, pode ser maior em cafeeiros vegetando sob sol pleno, conseqüentemente o crescimento e a produção de frutos, que são relacionados à fotossíntese, poderão também ser maiores para o cafeeiro sob sol. A insolação parece também, exercer influência na floração e pegamento dos frutos (RENA e MAESTRI, 1986). Além disso, pela maior transpiração, plantas de café a pleno sol podem ser mais hábeis na absorção de nutrientes do solo e estes, uma vez supridos, podem proporcionar maior crescimento nestas do que nas plantas mantidas à sombra.

Correlação entre parâmetros de crescimento vegetativo (taxa de crescimento, número de nós surgidos, crescimento em altura, crescimento de ramos laterais) e produção em cafeeiros, foram encontrados em trabalhos desenvolvidos por BARROS (1972).

Embora o sombreamento, teoricamente, possa reduzir o potencial produtivo de lavouras cafeeiras, em regiões onde o ambiente externo é desfavorável para a

cultura, como em regiões quentes e secas, a melhoria do microclima promovida pelas árvores de sombra podem proporcionar maior crescimento e produtividade do café (KIMENIA e NJOROGE, 1988; SEVERINO e OLIVEIRA, 1999; MELO e GUIMARÃES, 2000; MATELLO e COELHO, 2000).

2.2.2. *Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro*

O potencial produtivo das plantas é determinado, fundamentalmente, pela superfície foliar disponível para a assimilação do carbono através do seu ciclo de vida. Essa energia, produzida por meio da fotossíntese, é armazenada e utilizada durante todos os processos de desenvolvimento do vegetal. Para que a planta expresse seu potencial foto-sintético, condições que incluem o sistema planta-solo-ambiente, devem estar ótimas. Portanto, a produção envolve uma série de fatores que estão interligados e trabalhando em conjunto. De acordo ARCILA e CHAVES (1995), a colheita obtida é o resultado do tamanho, eficiência e duração da superfície fotossintética, e da redistribuição dos fotoassimilados. Dessa forma, uma lavoura cafeeira eficiente seria aquela capaz de formar extenso e bem iluminado dossel, com alta taxa fotossintética, capaz de mobilizar grandes quantidades de carboidratos para sua produção, ano após ano.

A precipitação pluviométrica e a temperatura do ar são fatores climáticos que mais influenciam o ciclo fenológico do cafeeiro. WEILL (1990) estudando a influência do clima na produção de cafeeiros, observou que houve correlação negativa entre produção e precipitação, na época de maturação e colheita, mas positiva na fase de florescimento, atribuindo à isso o fato de que o estímulo da florada vem a ser as primeiras chuvas após a estação seca. A produção ainda se correlacionou positivamente com o aumento da temperatura, exceto à época do florescimento, em que a correlação foi negativa, o que foi explicado pelo efeito térmico na ocorrência de abortamento floral em *Coffea arabica* (RENA e MAESTRI, 1986). Produção do ano anterior, precipitação pluvial e frequência de chuvas foram encontradas correlacionando significativamente com a produção, no

entanto, quando se analisou somente a precipitação, a variação na mesma não mostrou correlação com a produção (PAES DE CAMARGO et al., 1984).

No cafeeiro, tem-se observado estreita relação entre o número de botões florais e o número de folhas no mesmo ramo. Isso demonstra a grande importância da área foliar na produção de gemas florais, e indica que a presença de carboidratos em quantidade adequada é um dos principais determinantes da produção (THOMAZIELLO et al., 2000). A floração e o potencial produtivo do café são, em grande parte, função da quantidade de carboidratos. Essa por sua vez, depende tanto da área foliar quanto da duração e eficiência fotossintética da folha. De acordo com RENA e MAESTRI (1986) a fotossíntese corrente é mais importante do que qualquer outra fonte de assimilados para o crescimento da flor e fruto.

Dentre as fases reprodutivas do cafeeiro, o florescimento e a formação de chumbinhos foram encontrados se correlacionando com a produção (PAES DE CAMARGO et al., 1984). NACIF (1997) constatou que o número de frutos chumbinho esteve negativamente correlacionado com a produção por planta do ano anterior e com a desfolha. Número de frutos verdes esteve positivamente correlacionado com número de frutos chumbinho e negativamente com a produção do ano anterior.

No cafeeiro, as condições adquiridas durante o crescimento vegetativo do ano anterior, é que darão suporte ao processo produtivo. Nestas plantas as inflorescências são formadas nas axilas das folhas dos ramos laterais (plagiotrópicos) crescidos no ano anterior; sendo que os nós produzem flores apenas uma vez (RENA e MAESTRI, 1986). A floração depende, portanto, do crescimento dos ramos laterais. A presença do componente arbóreo no cafezal, como relatado anteriormente, provoca alterações no microclima da lavoura, alterando o crescimento vegetativo do cafeeiro, refletindo também no seu desenvolvimento reprodutivo. Castillo e Lopes (1966), citados por NACIF (1997), observaram que a diferenciação floral no cafeeiro, e conseqüentemente a formação de frutos apresenta dependência crítica da radiação solar que recebem os nós potencialmente floríferos. Sob baixa intensidade luminosa há maior estímulo à emissão de gemas vegetativas em detrimento de gemas florais. Pesquisadores mostraram que a diferenciação floral

foi menor à sombra que à pleno sol (CANNEL, 1976; CAMARORI et al., 1995; DASTRO e OLITE, 1997). Desta forma, plantas cultivadas a pleno sol, sob alta intensidade de luz, tendem a apresentar o fenômeno da superprodução. Perking (1947) citado por KIMENIA e NJOROGI (1988) relata que o sombreamento pode causar florescimento precoce. A presença de sombra pode ainda ter efeito no retardamento sobre a época de maturação dos grãos de café (SEVERINO e OLIVEIRA, 1999), e no alongamento do período de maturação, fazendo com que o café se mantenha por mais tempo no estado de cereja, permitindo a colheita com menor quantidade de frutos secos (MATIELLO e COELHO, 2000).

Variações na produção de frutos de café ocorre quando se compara estes dois ambientes, sob sombra e a pleno sol. Alguns estudos relatam que o sombreamento provoca reduções de produção de café da ordem de 10 a 20% (FOURNIER, 1987). Apesar de menores quantidade de frutos, foi registrado que cafeeiros sob arborização podem produzir frutos maiores e mais açucarados, obtendo cafés mais suaves, de qualidade superior (CAMARGO e FERNANDES, 1989; MATIELLO, 1998). Entretanto, notou-se que o efeito na produção depende do nível de sombreamento, além da espécie utilizada e condições locais, principalmente o clima (CAMARORI et al., 1995; FREITAS et al., 2000). No nordeste, o sombreamento com cajueiros, *Grevillea* sp. (MATIELLO, 1991) ou ingá (SEVERINO e OLIVEIRA, 1999) resultaram em aumentos significativos de produção. No Centro-sul, sombreamento denso resultou em prejuízos, mas, a grevílea beneficiou o café no sul do país (BAGGIO, 1983). Consorciados com bananeira, cafezais do Espírito Santo aumentaram sua produção (CAMARGO e FERNANDES, 1989).

2.2.3. Pragas e Doenças do cafeeiro

A cultura do café é suscetível a um grande número de pragas e doenças que, de acordo com o nível de ataque, causam maior ou menor prejuízo as lavouras. A severidade do ataque está ligada a diversos fatores que atuam em conjunto, relacionados ao ambiente (vento, umidade, temperatura), ao solo (tipo, teor de nutriente, pH) e à planta (resistência, estado nutricional) (ZAMBOLIM et al., 1999).

Entre os fatores ambientais, as condições climáticas de temperatura e umidade são as mais importantes, podendo considerar também a luminosidade. Dentro da lavoura de café essas condições são influenciadas pelo espaçamento de plantio da lavoura e pela presença de árvores.

O sombreamento promovido pelo componente arbóreo apresenta o efeito de reduzir a temperatura do ar e conseqüentemente aumentar a umidade abaixo do dossel das árvores, produzindo um microclima característico. JARAMILLO-ROBLEDO e GÓMEZ-GÓMEZ (1989) observaram maior duração da película de água nas folhas, assim como da umidade dentro da plantação de um cafezal sob sombra. Com isso, cafezais sombreados podem ser mais atacados pelo fungo causador da ferrugem (*Hemilea vastatrix*) e pela broca-do-café (*Hipothenemus hampei*), mas apresentar menor incidência de minador de folha (*Perileucoptera* sp.) (FERNANDES, 1986; CARNEIRO FILHO e PAES DE CAMARGO, 1987). As árvores também imbutem diversidade aos agrossistemas, podendo incrementar a efetividade de inimigos naturais, seja proporcionando fontes de alimento ou funcionando como hospedeiras alternativas para os mesmos (ARGÜELLO-ARIAS, 1987).

No Brasil, as pragas mais importantes para o cafeeiro são o bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeela*) e a broca-do-café (*Hipothenemus hampei*). Como doenças estão a ferrugem (*Hemilea vastatrix*) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) (CURE et al., 1998).

Desde que foi introduzida no Brasil em 1913, a broca-do-café (*Hipotenernus hampei*) vem causando sérios prejuízos à cafeicultura nacional. Esse inseto ataca os frutos em diferentes estágios de desenvolvimento, desde chumbinhos até cerejas e até mesmo os secos (CURE et al., 1998), causando queda excessiva, perda de peso e apodrecimento dos frutos devido à infecção por fungos através da galena aberta pela broca, aumentando o número de grãos com defeito, depreciando o tipo de bebida na classificação comercial do café, com conseqüente diminuição da renda (THOMAZIELLO et al., 2000). Qualquer nível de infestação desta praga causa prejuízo final do produto. Em Minas Gerais, o nível de 3% de infestação no campo

foi suficiente para prejudicar a classificação do produto pelo tipo e/ou pela bebida (LUCAS, 1986). Já foi relatado queda de até 46% de frutos, em função do ataque desta praga (MATIELLO, 1991). A incidência é favorecida por invernos chuvosos e presença de frutos da colheita anterior. Estudos mostram que o sombreamento em cafeeiros favorecem a infestação da broca-do-café (Gallo, 1967 citado por LUCAS, 1986; CAMARGO e FERNANDES, 1989).

O bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*) é uma pequena mariposa que, no estágio de lagarta, alimenta-se do tecido foliar, causando diminuição da área foliar ativa e desfolha das plantas, refletindo na produtividade. Em El Salvador, Minador (1958) citado por ROJAS (1990), observou que 61% das folhas que eram danificadas pelo inseto, se desprendiam das plantas. Além disso, a eficiência fotossintética de folhas atacadas foi reduzida em 50%, independente do tamanho da lesão, e folhas saudáveis de uma planta com bicho-mineiro apresentaram redução de 20%, quando comparadas com folhas de plantas isentas do inseto. Cafeeiros presentes em áreas sombreadas apresentam, geralmente, menor incidência de bicho-mineiro (BATISTELA SOBRINHO, 1990; ROJAS, 1990), pois a infestação é favorecida pela alta intensidade luminosa, ausência de mata ou capoeira próximas que abriguem os inimigos naturais, baixa umidade do ar e períodos de estiagem (BAGGIO, 1983; THOMAZIELLO et al., 2000).

A cercosporiose é uma doença causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke, que ataca folhas e frutos, causando desfolha e secamento de ramos. A desfolha é causada pela grande produção de etileno no processo de necrose, sendo que basta uma lesão por folha para provocar a queda. As lesões nos frutos em fase de maturação favorecem a entrada de microrganismos que afetam a qualidade da bebida, causam maturação precoce e queda dos frutos, além de aumento do número de grão chochos, reduzindo a produção e qualidade dos grãos, originando cafés de pior tipo e baixo valor comercial (FERNANDES, 1988). No Espírito Santo, ataques intensos deste fungo, em lavouras instaladas, provocou quedas de até 30% no rendimento das lavouras cafeeiras (ZAMBOLIM, 1999). De acordo com o mesmo autor, para que a cercosporiose não cause prejuízo econômico, a incidência da doença na época da colheita do café deve ser no máximo 10%.

Deficiência nutricional, principalmente nitrogênio ou desequilíbrio N/K, provocado por qualquer fator (períodos de estiagem prolongada, sistema radicular deficiente) favorece o ataque da doença (CARVALHO e CHAULFOUN, 2000). FERNANDES (1988), observou correlação negativa entre a percentagem de macronutrientes na matéria seca da parte aérea e a intensidade de cercosporiose, sendo que a incidência e a severidade da doença foram máximas em plantas nutricionalmente deficientes. Em cafezal em plena produção, ocorre fluxo de fotodassimilados e nutrientes, principalmente N e K, para os frutos. Nessa condição, as plantas ficam mais predispostas à cercosporiose. A doença ainda é favorecida por temperaturas mais baixas (entre 10 e 25°C) associadas à alta umidade (THOMAZIELLO et al., 2000). O efeito da luz sobre o desenvolvimento da doença, especialmente em condições naturais, é menos efetivo que o da temperatura e umidade (Agrios, 1988 citado por FERNANDES, 1988). O efeito da arborização na incidência de cercosporiose é controverso.

O fungo *Hemilea vastatrix* Berk & Br, causador da ferrugem, ataca as folhas, conduzindo à morte o tecido infectado. A queda na produção advém da desfolha precoce e seca dos ramos laterais, o que afeta o crescimento, o florescimento, o pegamento de frutos e a produção do ano seguinte, além de tornar o cafeeiro mais suscetível a outras pragas e doenças. Estudos mostraram correlação negativa entre a intensidade de ataque em um ano e a produção do ano seguinte, a respeito de qualquer dano causado pela ferrugem (BONILLA e RIVERA, 1987). Onde as condições climáticas favorecem, os prejuízos podem atingir 35% (ZAMBOLIM, 1999).

Ambientes sombreados favorecem a incidência da doença, uma vez que temperaturas amenas (21 a 25°C) e alta umidade são condições favoráveis ao desenvolvimento do fungo (CARVALHO e CHAULFOUN, 2000). Foram observados índices de infestação e período de evolução da ferrugem mais elevados em cafezais sob sombra, comparados àqueles sob sol pleno (OSEGUERA, 1980). De acordo com ZAMBOLIM et al. (1999) a maior severidade de ataque ocorre em anos de alta carga de frutos pendentes nas plantas. Admite-se que a drenagem de

fotossintetizados das folhas para os frutos seja uma das causas, mas as razões ainda não foram esclarecidas.

2.2.4. Estado nutricional do cafeeiro

Vários fatores contribuem para que um cultivo de café tenha alta produtividade por área e um dos que influi diretamente sobre a produção é o estado nutricional da lavoura, conhecido por meio da análise do teor de nutrientes das folhas. Há uma premissa de que, dentro de certos limites, existe uma correlação entre dose de nutriente fornecido, teor do mesmo na folha e produção das culturas (HIROCE, 1982; MARTINEZ et al., 2000). Além do teor do nutriente isolado, a relação adequada entre pares de elementos também fornece informação sobre o estado nutricional da planta (MALAVOLTA, 1996).

Existem diversos trabalhos correlacionando os nutrientes obtidos pela análise foliar com a produção de café, no entanto os resultados são muito variáveis. Em geral, o nitrogênio (**N**) aparece como o nutriente mais correlacionado com a produção, sendo encontrado também fósforo (P) (Raju e Subra Manian, 1969 citados por CHAVES, 1982), potássio (K), cálcio (Ca) (HIROCE, 1972); manganês (Mn) (SILVA et al., 1999) e boro (B) interferindo na produção. As correlações diferenciaram com a época do ano estudada. O N e K são os nutrientes mais exigidos pelo café, seguido pelo Ca, Mg (magnésio), P e S (enxofre). Para os micronutrientes, a ordem de extração pelo cafeeiro de 10 anos de idade é: Fe > Mn > B > Cu > Zn > Mo (RENA e MAESTRI, 1986).

Altos teores de potássio estão associados com colheitas elevadas. O K tem efeito na formação de amido nas folhas e sua translocação, sendo que reduzindo o nível de K no tecido foliar, diminui a produção de amido, como consequência reduz o desenvolvimento vegetativo da planta prejudicando a produção (RIBEIRO, 1993). TESHÀ e KUMAR (1979), mostraram que o aumento do teor de N e K, influenciou positivamente a formação de ramos e de área foliar em plantas de café, sendo que o N foi efetivo em influenciar o aumento no número de nós e de ramos plagiotrópicos (PEREIRA, 1999).

O teor de um elemento interferindo na sua absorção e na absorção de outros nutrientes também tem sido tema de muitos experimentos. Em cafeeiros, vários autores afirmam que a presença ou ausência de determinado nutriente é capaz de alterar a absorção, e conseqüentemente o teor foliar, de um outro, mostrando antagonismos e/ou sinergismos entre alguns elementos da nutrição mineral (TESHA e KUMAR, 1979). Em geral, a adubação nitrogenada aumenta produção e interfere no nível foliar dos nutrientes. Aumento de N, K, Mg e Mn e diminuição de P, K, Ca, Fe, Cu, Mo e B, com o fornecimento de N via solo, foi relatado por Forestier e Beley (1969), citados por CHAVES (1982) e VALENCIA-A. e ARCILA-P. (1977). Aumentos na disponibilidade de potássio no solo diminuindo os teores de N, P, Ca e Mg nas folhas, foi observado por RIBEIRO (1993).

Em experimento com *C. canephora*, Ojeniyi (1981) citado por PEREIRA (1999), observou que o fornecimento de NPK ao solo favoreceu a absorção de Mn e que o P sozinho aumentou a absorção de Cu, Ca e S. Diferentes resultados foram encontrados por VALENCIA-A. e ARCILA-P. (1977) com adubações NPK, onde verificaram que a aplicação de P via solo, aumentou P e Mn na folha, e de K via solo aumentou K e diminuiu Mg na folha. Correlação significativa entre os elementos minerais foi encontrada em P e B, correlação negativa com N e Mn; K e Fe correlação negativa com N, Mn e Mg; P e B correlação positiva com Ca e Fe.

HIROCE (1972) também observou correlação negativa entre K e Mg em folhas de cafeeiro, confirmando a existência de um antagonismo conhecido por outros pesquisadores (Santinato et al., 1984; Carvajal, 1985 citados por RIBEIRO, 1993). Entre K e Ca, houve correlação negativa, mas não foi significativa. Foi ainda observado correlação positiva entre Mg e P, indicando sinergismo entre ambos. MALAVOLTA (1982) relata efeito antagônico entre K e Ca, e K e B, e efeito sinérgico entre B e Ca.

Entre alguns micronutrientes, MOYSES (1988) constatou que o cobre e o ferro inibem a absorção de zinco, e o boro parece estimular. O inverso foi observado por PÓVOA (1978), onde a aplicação de zinco no solo reduziu significativamente o teor de boro nas folhas de café. Este autor ainda concluiu que o fornecimento de Mg via solo, aumentou significativamente B, mas reduziu o teor de

P nas folhas, o mesmo acontecendo com a interação B×Zn. Já Arzolla et al. (1956), citado por MOYSES (1988), não encontrou Fe influenciando a absorção de Zn mas sim Mn e Cu. Há relatos da possibilidade do fósforo bloquear a absorção do zinco, devido à interação entre os dois nutrientes na superfície da raiz ou dentro dela. Cálcio e magnésio também foram encontrados prejudicando a absorção de Zn.

Deficiências e desbalanceamentos de nutrientes minerais podem ajudar a depauperar o cafeeiro, no entanto, nutrição mineral desequilibrada parece ser mais efeito do que causa da desordem fisiológica que culmina com a degenerescência da planta. Resultados experimentais sugerem que a falta de carboidratos seja a causa mais importante do depauperamento de algumas progênes de café (RENA e MAESTRI, 1986).

2.2.5. Produção de café

Muitas pesquisas comparam a produção de cafeeiros cultivados sob sombra e sob sol pleno. Os trabalhos mostram que a presença de árvores promove alterações no ambiente e nas plantas de café, interferindo na produção, podendo ser benéfica ou prejudicial, quando se compara com a monocultura ou quando se compara produções de café sob sombreamento de diferentes espécies (MOGOLLÓN et al., 1997; SEVERINO E OLIVEIRA, 1999).

Experimentos indicaram que o plantio de outras culturas agrícolas com café causou redução na sua produção, quando comparada com o cultivo solteiro (CHEBABI, 1984; NJOROGÉ et al., 1993; NJOROGÉ e KIMENIA, 1995). Mas em muitas situações a arborização favoreceu a lavoura cafeeira, aumentando sua produtividade (MELO e GUIMARÃES, 2000). Benefícios do sombreamento relativo à variações climáticas, como amenizar estiagens, reduzir temperaturas extremas e proteger contra ventos, foram descritos por CAMARGO e FERNANDES (1989), DANTAS et al. (1990), CARAMORI et al. (1995), MARQUES (2000) e PEREIRA et al. (2000).

Estudos divergem quanto à recomendação de sombra. Alguns autores argumentam que as árvores de sombra não devem cobrir mais de 20 a 30% do

cafezal (RODRÍGUEZ et al., 1999), somente em casos de áreas muito quentes e secas, como no Nordeste do Brasil, as coberturas podem chegar a 50% (PAES DE CAMARGO, 1990). Outros encontraram maiores produções em plantas de café crescendo sob 50 a 75% de sombra, produções intermediárias para 25 e 100% de sombra e as menores quantidades produzidas em cafeeiros cultivados a pleno sol (MATIELLO, 1995). No Mato Grosso, numa condição de clima quente com estação seca pronunciada, BATISTELA SOBRINHO et al. (1987) observaram que cafeeiros plantados em área sombreada, sob mata natural raleada, apresentaram melhor desempenho, produzindo mais do que em cultivo a pleno sol. Em uma condição de clima úmido, CARNEIRO FILHO e PAES DE CAMARGO (1987), não observaram benefício da arborização.

3.METODOLOGIA

3.1.Caracterização geral da área

A área em estudo localiza-se no município de Viçosa, pertencente à Zona da Mata de Minas Gerais, região caracteristicamente montanhosa, com altitude média de 610m. A região apresenta inverno frio e seco e verão quente e chuvoso, com temperatura média em torno de 18°C e precipitação média de 1500 mm anual.

O experimento foi conduzido em propriedade particular, de outubro de 1998 a maio de 2000, em cafeeiros arábica cv Catuaí produtivos, sem manipulação do pesquisador acerca da manejo da lavoura. Este foi composto por duas unidades experimentais, um sistema agroflorestal (SAF) com café, árvores nativas e árvores frutíferas; e um cultivo solteiro (SOLT).

De acordo com informações do produtor, o SAF foi iniciado em 1984. A área possui 0,5 ha, com declividade de 27% e exposição 70° NE. O SOLT foi implantado em 0,1 ha, em terreno com 31% de declividade e exposição 30° NO. A densidade de plantio foi de 4000 e 5000 plantas.ha⁻¹ para o SAF e SOLT respectivamente. O solo pertence a classe Latassolo vermelho-amarelo distrófico, com as frações texturais compostas por cerca de 35% de areia, 18% de silte e 47% de argila, de 0-40 cm no solo.

As culturas são adubadas anualmente, com 3 aplicações de cerca de 150 g.planta⁻¹ de NPK 20-5-20 divididas de outubro a março. Duas ou três vezes ao ano,

é realizada capina manual nas ruas. A presença de cobertura protetora do solo é constituída pelo material vegetal caído das plantas presentes no sistema, a serrapilheira, e aquelas fornecidas quando da capina manual. Não tem sido feito controle de pragas e doenças. O café é conduzido sem podas, no entanto, uma vez ao ano, antes do início do florescimento do café, é feita a poda das árvores com intuito de aumentar a iluminação dentro do dossel.

O sistema agroflorestal com café foi iniciado com objetivos conservacionistas. A área de plantio é muito declivosa, próxima de uma nascente e onde havia muita erosão, por isso a opção por culturas perenes: café, nativas e fruteiras. Havia também curiosidade e expectativa em relação ao café sombreado, pois a teoria preconiza maior longevidade do cafezal sob esta forma de manejo, para algumas regiões. Fez-se a opção por espécies caducifólias e/ou espécies de porte alto, plantadas sem padrão de espaçamento, com a intenção de evitar o sombreamento excessivo do café e promover a ciclagem de nutrientes com a queda de folhas.

3.2. Estudo do ambiente

3.2.1. Temperatura do ar e precipitação

Foram tomadas, mensalmente, medidas de temperatura do ar por meio de 5 termômetros de máxima e mínima, fixados à 1,5 m do solo em ambos os sistemas. Dados de temperatura do ar e precipitação durante o período de avaliação também foram adquiridos do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

3.2.2. Dados do componente arbóreo

No sistema agroflorestal, foram identificados com plaquetas numeradas, todas as árvores presentes na área, pelo nome comum e nome científico. Em cada indivíduo foi determinada, no início (outubro/98) e no final (maio/00) do experimento,

a circunferência à 1,30 m do solo (CAP), com a utilização de uma fita métrica, para o cálculo do DAP (Diâmetro a Altura do Peito) e avaliação do crescimento (ganho em diâmetro) entre os períodos determinados, de acordo com as equações (NELSON et al., 1999):

$$CAP_{total} = \sum CAP_{\text{árvore}} \quad \bar{D} = DAP_{\text{final}} - DAP_{\text{inicial}}$$

$$DAP_{total} = CAP_{total} / \pi \quad IC_{\bar{D}} = \bar{D} \pm s_{\bar{D}} \times t_{5\%}$$

onde: CAP = circunferência à 1,30 m (cm)

DAP = diâmetro à altura do peito (cm),

D = crescimento ou ganho em diâmetro (cm),

$IC_{\bar{D}}$ = intervalo de confiança para o crescimento

$s_{\bar{D}}$ = erro padrão

$t_{5\%}$ = valor tabelado de “t” para 5% e n-1 g.l.

O DAP foi calculado por espécie. O crescimento médio em diâmetro (\bar{D}), de todas as árvores presentes na área, também foi calculado para o conjunto de árvores de mesma espécie (\bar{D}_g) e por indivíduo dentro do grupo da mesma espécie (\bar{D}_i).

Foi feito um acompanhamento mensal da fenologia das espécies arbóreas presentes no SAF, anotando-se os períodos de surto de crescimento de cada espécie, queda de folhas, floração, frutificação, maturação de frutos e dispersão de sementes.

3.2.3. Dados da serrapilheira

O material formador da serrapilheira, proveniente da queda das folhas, ramos e frutos das plantas existentes em cada sistema, foi recolhido mensalmente em caixas de plástico de 56 x 36 cm e 23,5 cm de altura, com fundo perfurado para escoamento da água da chuva, colocadas em frente às plantas de café previamente selecionadas em cada sistema, no meio da rua do cafezal (SINGH e SINGH, 1991). O material coletado foi acondicionado em sacos de papel e submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 70°C até peso constante (peso da matéria

seca – gMS). Posteriormente foi feita a análise do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn, Mn) deste material no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, utilizando o mesmo procedimento para análise das folhas de café.

Foi determinada a produção média mensal de serrapilheira e a quantidade média acumulada durante o período de avaliação do experimento (total), pela soma dos valores médios mensais de queda de serrapilheira, expressos em gMS/m². Foi também calculado a produção anual de serrapilheira, em kg.ha⁻¹.

Para a análise estatística utilizou-se os dados de produção média mensal e média acumulada ao final do experimento.

3.2.4. Dados do solo

3.2.4.1. Umidade

A avaliação do teor de umidade do solo teve início em maio de 1999, dois meses após o término das chuvas naquele ano, com duração de 4,5 meses, terminando quando as chuvas reiniciaram na região. A cada quinze dias foram coletadas amostras de solo, nas profundidade de 0-20 e de 20-40 cm, sob a saia do cafeeiros selecionados em cada sistema. Ainda no campo, as amostras foram acondicionadas em latinhas de alumínio, devidamente identificadas e vedadas com fita adesiva, sendo em seguida levadas ao laboratório, onde foram pesadas (amostra úmida). Em seguida, as latinhas foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar à 105°C, até peso constante (amostra seca). A diferença entre os dois pesos refere-se à perda de água, correspondente ao teor de umidade do solo, de acordo com a equação (EMBRAPA, 1997):

$$U = \frac{100(A - B)}{B}, \quad \text{onde: } U = \text{Teor de umidade}$$

A = peso da amostra úmida (g)
B = peso da amostra seca (g)

Foi utilizada para a análise estatística o teor de umidade referentes à última coleta de solo, no período imediatamente anterior às primeiras chuvas.

3.2.4.2.Fertilidade

Foi coletada uma amostra de solo na projeção da copa de cada planta de café vizinha àquelas selecionadas em cada sistema estudado, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, nos meses de janeiro e julho de cada ano, totalizando quatro amostragens. Os solos coletados foram deixados secar à sombra ambiente e posteriormente remetidos ao Laboratório de Análise de Rotina de Solos, da Universidade Federal de Viçosa, para análise de rotina (EMBRAPA, 1997), contemplando os seguintes parâmetros: pH, P, K, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, SB, CTC, V, m, Zn, Cu e matéria orgânica.

A interpretação dos dados da análise dos solos se deu pela comparação com referências fornecidas por RIBEIRO et al. (1999), utilizando os valores médios das quatro amostragens, por sistema, não sendo feita análise estatística dos mesmos.

3.3.Estudo do componente café

Foi acompanhado o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, o estado nutricional, a incidência de pragas e doenças e a produção de frutos nos cafeeiros dos dois sistemas. Para isso foram selecionadas aleatoriamente 14 plantas de café no sistema agroflorestal e 6 plantas no cultivo solteiro, identificadas por meio de estacas numeradas.

3.3.1.Desenvolvimento vegetativo

Nas plantas de café selecionadas foram escolhidos e identificados quatro ramos plagiotrópicos, cada um ocupando um quadrante da planta (N, S, L, O), na altura média da copa. Em cada ramo, incluindo suas ramificações, foram

determinados, mensalmente, o comprimento (cm), o número de nós e o número de folhas maior ou igual à 8 cm de comprimento.

Selecionou-se aleatoriamente, um dos ramos marcados para a determinação mensal da área foliar. Em todas as folhas presentes, foram anotados o maior comprimento do limbo foliar sobre a nervura principal (cm) e sua maior largura (cm), em posição perpendicular à primeira, sendo a área calculada de acordo com a equação (BARROS, 1972):

$$Y_{\text{folha}} = 0,667 \times X_{\text{folha}}, \quad \text{onde: } Y = \text{área estimada da folha (cm}^2\text{)} \\ X = \text{área do seu retângulo circunscrito (cm}^2\text{)}$$

A área foliar do ramo (cm²) foi calculada pela soma das áreas de cada folha.

Para todas as características foi calculado o incremento médio mensal por ramo por planta, pela diferença de dados coletados entre o mês vigente e o mês anterior. Para a análise estatística do número de nós e comprimento do ramo utilizou-se o valor de incremento médio ao final do experimento, correspondente aos dados coletados no último mês (maio de 2000). Para número de folhas e área foliar, a análise estatística foi feita com a média por ramo por planta, e dos valores de máximo e mínimo encontrados durante o experimento.

3.3.2. *Desenvolvimento reprodutivo e Produtividade*

O desenvolvimento fenológico da frutificação foi realizado segundo metodologia não destrutiva descrita por CURE et al. (1998), nos mesmos ramos selecionados para o acompanhamento do desenvolvimento vegetativo. Nesses ramos foram determinados, mensalmente, o número de nós produtivos, botões florais e flores abertas, e frutos nos diferentes estádios de maturação: chumbinho (≥ 3 mm), verde, início de maturação, cereja e seco (NACIF, 1997).

A análise estatística foi feita utilizando a média das duas produções consecutivas (1999 e 2000), dos valores máximos encontrados para cada característica analisada, em média por ramo por planta.

Foi feita também a colheita de todos os grãos de café dos pés selecionados em cada sistema. Os frutos foram separados entre os estágios de verde, cereja e seco, e submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 65°C, até peso constante. A época de colheita foi determinada pelo proprietário da lavoura, em função da disponibilidade de mão-de-obra.

Foi determinada a produção média de grãos por planta, em ambos os sistemas, expressa em gMS.planta⁻¹ e calculada a produtividade média por área, expressa em kgMS.ha⁻¹. A avaliação da produtividade do cafeeiro pelo cálculo da média do café produzido em 2 safras sucessivas, visa equilibrar o efeito de safra alta e baixa. Foi feita análise estatística com os dados de produção total e de frutos nos diferentes estágios.

3.3.3. Incidência de Pragas e Doenças

Foi quantificada mensalmente, nas mesmas 14 e 6 plantas de café anteriormente selecionadas para SAF e SOLT respectivamente, a incidência das pragas Broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) e Bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*) e das doenças Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) e Cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), através de metodologias não destrutivas.

A incidência da broca-do-café foi determinada nos mesmos ramos onde foi acompanhado o desenvolvimento reprodutivo, sendo observado o número de frutos brocados pela presença de orifícios de penetração da praga, obtendo-se a evolução da porcentagem de frutos danificados, associada com : ta (CURE et al. 1998).

A porcentagem de folhas atacadas pelo bicho-mineiro pela presença ou não de mina(s) (lesão provocada pela praga), em 10 folhas do terceiro ou quarto par do terço médio, por planta (metodologia modificada de MATIELLO, 1991).

Na avaliação da incidência de ferrugem, foi observado a presença do fungo em 10 folhas do interior da saia, por planta de café, e calculada a porcentagem de folhas com lesão, segundo metodologia de KIMATI et al. (1997) modificada.

A presença de cercosporiose, observada em 10 folhas do interior da saia do café por planta, foi determinada pela porcentagem de folhas com sintomas (metodologia modificada de MATIELLO, 1991).

A análise estatística das características avaliadas foi realizada com valores médios dos dois anos consecutivos. Para a incidência de broca-dos-frutos foi utilizado os de porcentagem de frutos brocados na colheita, por planta. Na avaliação de bicho-mineiro, cercosporiose e ferrugem, foi utilizado os valores máximos encontrados para cada um, em média por planta.

3.3.4. *Avaliação do estado nutricional*

Foram coletadas folhas do terceiro e quarto par em ramos de café situados na altura mediana, de plantas circunvizinhas àquelas selecionadas anteriormente no dois sistemas (RIBEIRO et al., 1999), no período de produção de frutos, quando no mínimo 50% dos pés de café selecionados em cada unidade apresentavam ramos produtivos, o que ocorreu em dezembro para o SOLT e janeiro para o SAF.

As folhas recém-colhidas foram lavadas com água filtrada, postas a secar em papel-toalha, posteriormente acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 70°C, até atingirem peso constante. Foram então armazenadas para posterior avaliação do teor de nutrientes no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fítotecnia da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO et al., 1999).

Os resultados da análise do tecido foliar foram interpretados pela comparação com valores de referência fornecidos por MARTINEZ et al. (1999), para a região de Viçosa, MG. Não se procedeu à análise estatística dos mesmos.

3.4. **Análise dos dados**

Os dados gerados pelas características estudadas foram analisados de duas formas. No capítulo 1 utilizou-se o teste de Student (t), a 5% de probabilidade, para comparação das médias.

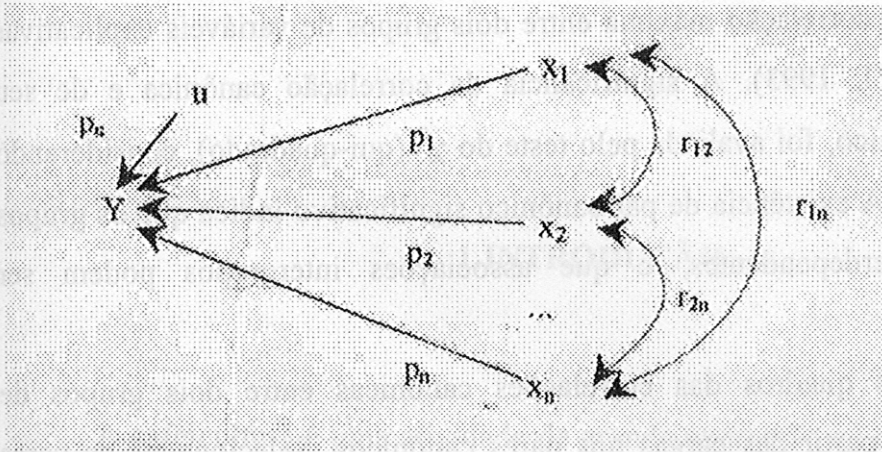
Para o capítulo 2, onde utilizou somente SAF, os dados foram analisados com base em estudos de correlação e análise de trilha ("Path analysis") e correlação canônica – entre a variável dependente (principal) e as variáveis independentes (explicativas), de acordo com metodologia descrita por CRUZ e REGAZZI (1993), utilizando o programa de computador GENES I (Análise de Modelos Biométricos Aplicados à Genética Quantitativa e Estatística Experimental), desenvolvido pelo setor de Genética da Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 1997).

Para a análise de trilha, foram inicialmente estabelecidos diagramas causais que especificam a relação entre a variável principal e as variáveis explicativas e suas interações. Neste diagrama, as setas unidirecionais (p) indicam a influência direta de cada variável explicativa (x) sobre a principal (Y), e as setas bidirecionais (r) simbolizam a interdependência dos componentes explicativos e determinam a trilha representativa do efeito indireto sobre a variável principal (Y), cuja magnitude é quantificada pelo coeficiente de correlação (Figura 1).

Neste trabalho, foi utilizado como variável principal (Y) a Produção total de grãos de café, submetidos a secagem, sendo as variáveis explicativas (X_n) representadas por: Características vegetativas (CV), Características reprodutivas (CR), Nutrientes das folhas de café (Nutfolha), Pragas e doenças (PD), Queda de serrapilheira (Serra) (gMS/m^2), Nutrientes da serrapilheira (Nutserra), Análise de rotina do solo na profundidade de 0-20 cm (CSa), Análise de rotina do solo na profundidade de 20-40 cm (CSb).

As CV foram compostas por número de nós (nós), comprimento do ramo (tam), número máximo e mínimo de folhas (folmax e folmin), máxima e mínima área foliar (Afmax e Afmin). As CR continham o número de nós produtivos (nprod), o número de botões florais (bflor), e o número de frutos nos diferentes estágios: chumbinho (chumb), verde, em início de maturação (início) e cereja. Os nutrientes extraídos das folhas de café (Nutfolha) e da serrapilheira (Nutserra) foram N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn. Dentre as PD estavam broca-dos-frutos (broca), bicho-mineiro (bicho), cercosporiose (cerco) e ferrugem (ferru). Os

los do solo analisados nas duas profundidades (CSa e CSb) foram teor de idade, pH, Al, Ca, Mg, K, P, CTCtotal, V, MO, Zn e Cu.



Y = variável principal

x_1, x_2, \dots, x_n = conjunto de variáveis explicativas

p_n = efeito direto da variável explicativa i sobre a variável principal;

r_{ij} = correlação entre as variáveis explicativas i e j

$p_n r_{ij}$ = efeito indireto da variável i , via variável j , sobre a variável principal;

u = conjunto de variáveis não incluídas no diagrama (residual)

p_e = efeito do conjunto de variáveis não incluídas no diagrama (variáveis residuais - R) sobre a variável principal, estimada por $1-R^2$ R^2 o coeficiente de determinação do conjunto)

ura 1 - Diagrama causal ilustrativo dos efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas (x_1, x_2, \dots, x_n) e residual (u) sobre a variável principal (Y).
Fonte: CRUZ e REGAZZI, 1993.

A interpretação das análises de trilha se deu em duas etapas. Inicialmente procurou-se determinar qual conjunto de características que mais se correlacionava com a produção, através do valor apresentado pelo coeficiente de determinação (R^2). Posteriormente buscou-se selecionar, dentro de cada grupo, quais as variáveis

de maior importância, em termos de efeitos direto e indireto, sobre a produção total de grãos de café

Para a análise de correlações canônicas, utilizou-se os mesmos conjuntos de variáveis independentes previamente identificados na análise de trilha. Esta análise possibilita estimar a correlação máxima entre dois grupos de variáveis explicativas (CRUZ e REGAZZI, 1993). A significância da correlação canônica e de seu respectivo par canônico, foi avaliada pelo teste do χ^2 (qui-quadrado), considerando níveis de 5% e 1%. A existência de par canônico significativo indica que os grupos analisados são interdependentes, e que associações intergrupos podem ser estabelecidas.

A leitura dos quadros das correlações canônicas entre dois grupos de variáveis foi feita a partir das cargas nos pares canônicos. Selecionados os pares canônicos significativos, identificou-se as variáveis de cada grupo que apresentavam as mais altas cargas nos pares canônicos, sendo estas de maior importância na relação entre os grupos de variáveis.

Previamente, antes de se proceder às análises, foi realizado o Diagnóstico de Multicolinearidade dentro de cada grupo de variáveis explicativas. Para a análise de trilha, em alguns grupos foram eliminadas variáveis problemáticas e em outros procedeu-se a análise de trilha em presença de multicolinearidade. Na avaliação das correlações canônicas, procedeu-se à eliminação das variáveis que apresentavam colinearidade.

A exclusão de variáveis correlacionadas na análise de trilha, não significa que estas variáveis são menos importantes. A retirada visa a obter interpretações mais confiáveis, uma vez que a correlação entre as variáveis de um mesmo conjunto interfere no mecanismo de resposta da modelagem estatística, fornecendo interpretações equivocadas. No entanto, o efeito total da variável explicativa sobre a principal não se altera quando se faz a análise sem e na presença de multicolinearidade, são os efeitos diretos e indiretos que sofrem transformações pela retirada de variáveis.

Capítulo 1

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM CAFEZAL SOB SISTEMA AGROFLORESTAL E EM CULTIVO SOLTEIRO

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande expressão no cenário agroindustrial brasileiro. No país, a cultura do café se desenvolveu tradicionalmente com o cultivo a pleno sol. Entretanto, o consórcio com árvores pode conduzir à uma situação favorável do sistema, permitindo a convivência das espécies sem causar prejuízos à lavoura cafeeira, podendo reduzir as exigências do cultivo, principalmente a longo prazo. A arborização racional, controlando a luminosidade e feita com espécies adequadas, constitui-se em prática recomendável para muitas regiões do Brasil (áreas sujeitas a geadas, com ventos fortes, com solo degradado, com temperaturas altas). Existem diversos trabalhos que citam potenciais vantagens e desvantagens da inclusão de árvores de sombra em cafezais (BAGGIO, 1983; FARRELL, 1984; CAMARGO e FERNANDES, 1989; MacDICKEN e VERGARA, 1990). A boa produtividade dos cafezais deve ser uma das principais metas a ser alcançada pelos produtores, pois dela depende a rentabilidade das lavouras.

Dentro do sistema, o componente arbóreo promove alterações das condições de solo e de radiação solar, alterando o microclima 'abaixo do dossel, e influenciando tanto os processos que ocorrem ao nível de sistema, como decomposição e perda de água, como aqueles nas plantas, interferindo no seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (FOURNIER, 1987; AMOAH et al., 1997). Com a arborização correta, o cafezal recebe suficiente radiação solar, e pode alcançar condições microclimáticas que beneficiem a cultura, quando comparado a

pleno sol. ESTÍVARTZ e MUSCHIER (1998), estudando o efeito do sombreamento sobre o vigor e produção de cafeeiros, observou que as lavouras sob sombra podem produzir quantidades aceitáveis de café, ao mesmo tempo que as árvores protegem o solo, tendo um sistema de produção mais sustentável. A pleno sol as lavouras são geralmente mais produtivas, mas também apresentam com maior frequência depauperamento das plantas e grande dependência de insumos externos.

Em algumas situações, os sistemas agroflorestais podem aumentar a produtividade e imbutir sustentabilidade, mas não é uma consequência certa para todas as situações (BAUMER, 1993). Junto aos benefícios potenciais das árvores, também surgem problemas. A complexidade destes sistemas os torna difíceis de serem analisados, uma vez que envolvem fatores diretos, como alteração do microclima, das condições de solo e do complexo biológico da área, e fatores indiretos, como competição radicular e incidência de pragas e doenças.

Este estudo teve como objetivo a análise comparativa de um sistema agroflorestal com café e de uma lavoura conduzida a pleno sol, enfocando componentes que envolvem o sistema solo-planta-ambiente.

2.RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1. Estudo do ambiente

2.1.1. Temperatura do ar e precipitação

Os dados de temperatura média e precipitação mensal da região, obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, são mostrados na Figura 1. Os dados de temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) e mínima ($T_{m\acute{i}n}$) retirados do cafezal mostraram diferença em relação àqueles registrados na estação, nos dias em que foram coletados (Figuras 2 e 3).

O cafezal a pleno sol registrou, em média, valores de temperatura máxima de $6,0^{\circ}\text{C}$ superior aos da estação, sendo que para o SAF este aumento foi de $3,9^{\circ}\text{C}$ (Figura 2). Ambos os sistemas mostram valores de $T_{m\acute{i}n}$ cerca de $0,5^{\circ}\text{C}$ mais baixos que os da estação (Figura 3).

O sistema agroflorestal apresentou menor amplitude térmica ao longo do ano, comparado com o cultivo a pleno sol, sendo que este último apresentou em média, $T_{m\acute{a}x}$ de $2,6^{\circ}\text{C}$ acima daquela registrada no SAF (Figura 2). Para a $T_{m\acute{i}n}$ quase não houve alteração entre os dois sistemas (Figura 3). Observou-se que, comparando o período mais quente do ano (verão) com o mais frio (inverno), as maiores diferenças na amplitude térmica entre os dois sistemas coincidem com o aumento do calor no ambiente. Neste período, as $T_{m\acute{a}x}$ dentro do SAF foi cerca de $3,5^{\circ}\text{C}$

mais baixa que as $T_{máx}$ apresentadas pelo SOLT e a $T_{mín}$ cerca de $0,4^{\circ}\text{C}$ superior. Resultados semelhantes foram encontrados por PEZZOPANE et al. (2000) e MATIELLO e COELHO (2000).

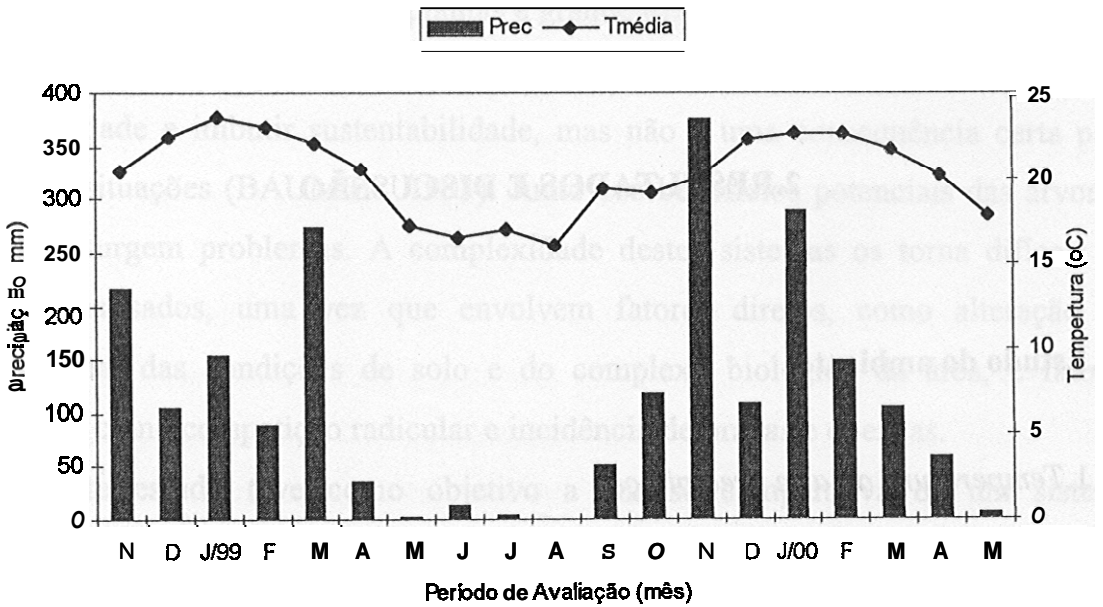


Figura 1 - Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) mensal, observadas na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, durante o período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

Esta redução da temperatura abaixo do dossel das árvores pode ser atribuída principalmente à menor incidência direta de radiação solar neste extrato, o que contribui para reduzir a temperatura máxima e possivelmente aumentar a umidade ambiente.

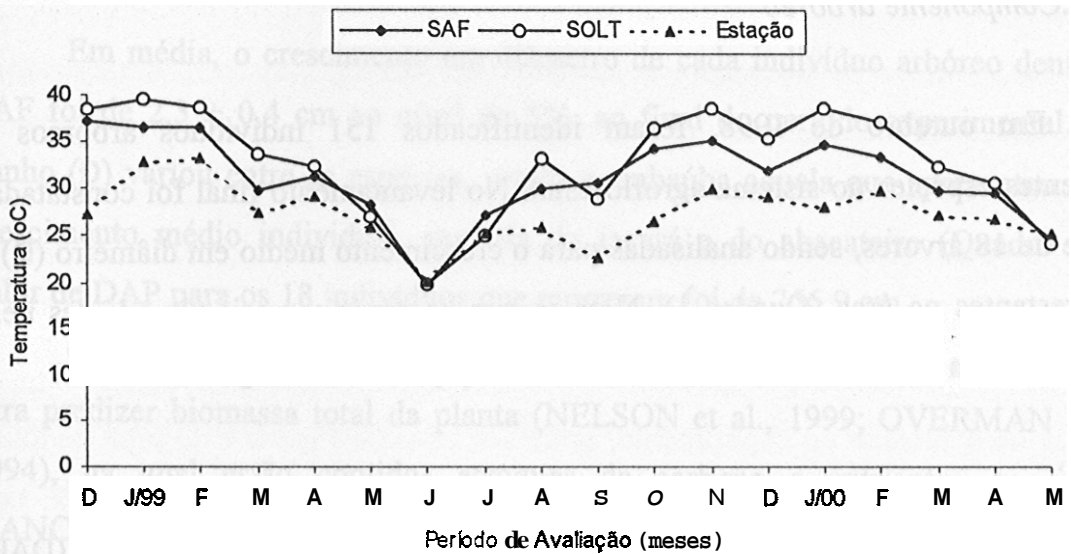


Figura 2 - Temperaturas máximas do ar (°C) observadas no sistema agroflorestal (SAF), no cultivo solteiro (SOLT) de café (*Coffea arabica* L.) e na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, de dezembro de 1998 a maior de 2000. Viçosa - MG, 2001.

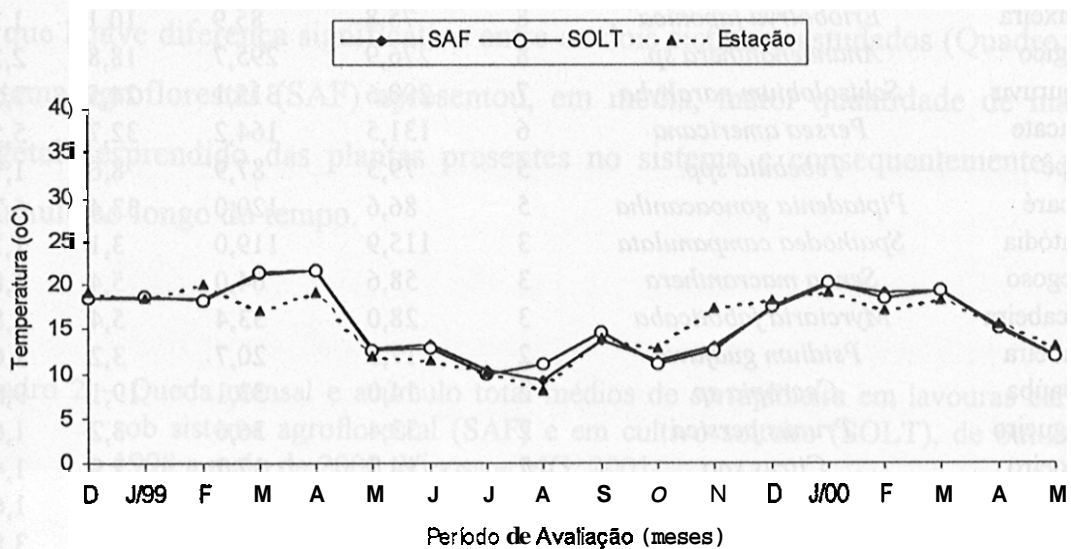


Figura 3 - Temperaturas mínimas do ar (°C) observadas no sistema agroflorestal (SAF), no cultivo solteiro (SOLT) de café (*Coffea arabica* L.) e na estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, de dezembro de 1998 a maior de 2000. Viçosa - MG, 2001.

2.1.2. Componente arbóreo

Em outubro de 1997, foram amostrados 180 indivíduos arbóreos de diferentes espécies no sistema. Foi constatada a morte de 18 bores, sendo analisadas para o crescimento médio em diâmetro (\bar{D}) as 133 restantes na área (Quadro 1). Nota-se que as espécies mais abundantes neste sistema foram a casuarina, pitangueira, oiti, uva japonesa e mangueira.

Quadro 1 – Número de indivíduos por espécie (N), Diâmetro inicial (DAP_i) e final (DAP_f), em cm, Crescimento em diâmetro por grupo de espécie (\bar{D}_g) e por indivíduo dentro de cada grupo (\bar{D}_i). Viçosa – MG, 2001.

ARVORE (nome comum)	ARVORE (nome científico)	N	DAP _i (cm)	DAP _f (cm)	\bar{D}_g (cm)	\bar{D}_i (cm)
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	24	549,1	587,3	38,2	1,6
Pitangueira	<i>Eugenia uniflora</i>	12	88,5	104,7	16,2	1,4
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	12	242,2	255,9	13,7	1,1
Uva Japonesa	<i>Hovenia dulcis</i>	11	260,4	272,8	12,4	1,1
Mangueira	<i>Mangifera indica</i>	11	363,8	402,0	38,2	3,5
Ameixeira	<i>Eriobotryajaponica</i>	8	75,8	85,9	10,1	1,3
Angico	<i>Anandenanthera sp.</i>	8	276,9	295,7	18,8	2,3
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	7	290,6	315,1	24,5	3,5
Abacate	<i>Persea americana</i>	6	131,5	164,2	32,7	5,5
Ipê	<i>Tebebuia spp.</i>	5	79,3	87,9	8,6	1,7
Jacaré	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	5	86,6	120,0	33,4	6,7
Espatódia	<i>Spathodea campanulata</i>	3	115,9	119,0	3,1	1,1
Fedegoso	<i>Senna macranthera</i>	3	58,6	64,0	5,4	1,8
Jaboticabeira	<i>Myrciariajaboticaba</i>	3	28,0	33,4	5,4	1,8
Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	2	17,5	20,7	3,2	1,6
Embaúba	<i>Cecropia sp.</i>	2	14,0	33,1	19,1	9,5
Pêssegueiro	<i>Prunus persica</i>	2	33,4	36,6	3,2	1,6
Limoeiro	<i>Citrus spp.</i>	2	14,3	17,2	2,9	1,4
Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	1	25,1	26,7	1,6	1,6
Mamoeiro	<i>Caricapapaya</i>	1	4,1	8,0	3,8	3,8
Guabiroga	<i>Myrcianthes sp.</i>	1	29,0	30,2	1,3	1,3
Jambo	<i>Eugenia jambos</i>	1	13,4	15,0	1,6	1,6
Pororoca	<i>Rapanea ferruginea</i>	1	6,0	6,0	0,0	0,0
Cerejeira	<i>Eugenia sp.</i>	1	10,2	14,0	3,8	3,8
Bico de pato	<i>Machaerium sp.</i>	1	4,8	5,1	0,3	0,3
Total		133	2819,0	3120,8	301,8	-

Em média, o crescimento em diâmetro de cada indivíduo arbóreo dentro do SAF foi de $2,3 \pm 0,4$ cm ao nível de 5%, ao final do período experimental. Esse ganho (D) variou entre as espécies, sendo a embaúba aquela que apresentou maior crescimento médio individual, seguida do jacaré e do abacateiro (Quadro 1). O valor de DAP para os 18 indivíduos que morreram foi de 256,9 cm.

O diâmetro de altura do peito (DAP) tem sido mostrado como um forte fator para predizer biomassa total da planta (NELSON et al., 1999; OVERMAN et al., 1994), na qual estão contidos estoques de carbono e nutrientes do sistema (SANCHEZ, 1995; RODRIGUES, et al., 2000). O crescimento das árvores indica que houve utilização dos recursos disponíveis na área, como nutrientes e umidade do solo, sugerindo com isso a possibilidade de competição das árvores com a cultura do café.

2.1.3. Serrapilheira

Analisando os dados de queda e acúmulo mensais de serrapilheira, verificou-se que houve diferença significativa entre os dois sistemas estudados (Quadro 2). O sistema agroflorestal (SAF) apresentou, em média, maior quantidade de material vegetal desprendido das plantas presentes no sistema e conseqüentemente maior acúmulo ao longo do tempo.

Quadro 2 – Queda mensal e acúmulo total médios de serrapilheira em lavouras cafeeiras sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Viçosa – MG, 2001.

	SAF	SOLT
Serrapilheira mensal (gMS/m ²)	50,7 ± 3,8 A	37,2 ± 2,1 B
Serrapilheira acumulada total (gMS/m ²)	861,5 ± 150,4 A	632,4 ± 80,8 B

Para cada característica avaliada (linha), A difere de B pelo teste t (P < 0,05)

A presença de diferentes árvores no sistema agroflorestal, com distintos comportamentos fenológicos durante o ano, contribuiu para o maior aporte de material vegetal sobre o solo.

O SAF contribuiu com cerca de $6,1 \times 10^3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de matéria seca ao sistema e o café em monocultura com cerca de $4,5 \times 10^3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

O comportamento de queda e acúmulo mensais de serrapilheira ao longo do período de avaliação do experimento, pode ser visto na Figura 4. O pico de queda de material vegetal, para ambos os sistemas, se deu no mês de maio/99, com quantidades médias iguais a 92,4 e 76,3 gMS/m² para o SAF e SOLT respectivamente. Este mês coincidiu com o mês da colheita dos frutos de café, e como esta foi feita manualmente, a quantidade expressiva de material vegetal que cai ao solo por este processo pode ter contribuído para o maior incremento na serrapilheira coletada neste período.

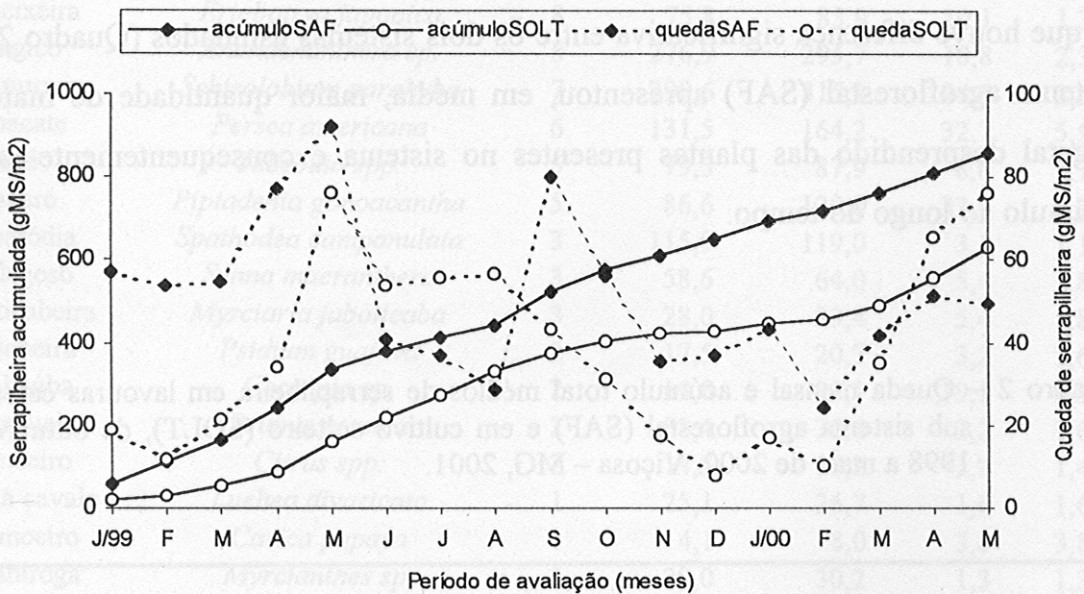


Figura 4 - Queda e acúmulo mensais médios (gMS/m²) de serrapilheira em lavouras de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

Para o sistema a pleno sol, onde a serrapilheira é composta basicamente de folhas do cafeeiro, a formação da mesma acompanhou o comportamento de produção e queda de folhas do café. Houve maior quantidade de serrapilheira durante a estação seca do ano, onde se observou intensa desfolha do cafeeiro. Já no SAF, a formação da serrapilheira incluiu o comportamento de queda de material vegetal apresentado pelas árvores existentes neste sistema (Figura 4). Devido às próprias características fenológicas, as diferentes espécies apresentaram distintos períodos, durante o ano, de queda de folhas, frutos e ramos.

No entanto, observa-se que no SAF, de modo geral, houve uma tendência de maior queda de material vegetal no período de déficit hídrico (Figura 1), de abril a setembro, e uma menor queda de novembro a março. Este resultado mostra que o ciclo das árvores acompanha, de certa forma, o ciclo do café, em relação à queda e formação de folhas e ramos, apontando para uma possível competição pelos recursos produtivos.

Ainda em relação ao SAF, nota-se que nos meses de junho a agosto, compreendidos entre os meses de pico máximo de serrapilheira coletada, houve uma diminuição da quantidade de serrapilheira caída, embora fosse o período de desfolha do cafeeiro, sugerindo que os cafeeiros sob sombra perderam menos folhas durante a estação seca.

Apesar da grande diversificação da serrapilheira colhida no sistema agroflorestal (SAF), devido à folhas e galhos das diferentes espécies de árvores presentes na área, bem como dos pés de café, nota-se que este material vegetal se apresentou com teores de nutrientes inferiores aos apresentados pela serrapilheira do cultivo solteiro (SOLT), exceto para o cálcio e zinco (Quadro 3). Para PALM (1995), o status nutricional do solo é o fator mais importante que influencia a concentração de nutrientes dentro das espécies.

Entretanto, pela maior quantidade de serrapilheira no SAF, pode-se dizer que, para os macronutrientes analisados, com exceção do potássio, este sistema foi mais eficiente em reciclar estes elementos minerais. A serrapilheira do SAF concentrou cerca de $107 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, enquanto que a do SOLT, cerca de $97 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Para o potássio, os valores na serrapilheira ficaram em tomo

de 297 e 346 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e para o fósforo, cerca de 5,5 e 5,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, no SAF e SOLT, respectivamente. Assim, o sistema agroflorestal tem grande potencial de reter e adicionar nutrientes na camada superficial do solo.

Quadro 3 – Teor médio de nutrientes na serrapilheira de lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Viçosa – MG, 2001.

Macro nutriente	Teor (dag/kg)		Micro nutriente	Teor (mg/kg)	
	SAF	SOLT		SAF	SOLT
N	1,77 ± 0,35	2,18 ± 0,10	B	174,88 ± 46,41	246,64 ± 33,72
P	0,09 ± 0,02	0,12 ± 0,00	Cu	13,54 ± 4,46	21,72 ± 5,45
K	4,88 ± 2,44	7,77 ± 1,17	Fe	331,85 ± 177,71	498,01 ± 280,15
Ca	1,57 ± 0,30	1,49 ± 0,09	Zn	20,10 ± 4,14	16,67 ± 3,33
Mg	0,28 ± 0,07	0,35 ± 0,03	Mn	250,36 ± 141,49	463,25 ± 163,90
S	0,14 ± 0,03	0,17 ± 0,01			

Analisando os teores de nutrientes apresentados pela serrapilheira dos dois sistemas (Quadro 3), nota-se que as serrapilheiras apresentaram quantidades expressivas de nutrientes, com exceção do nitrogênio (N) e do fósforo (P), para satisfazer as necessidades da cultura, conforme a recomendação para uso de fertilizantes para o café (RIBEIRO et al., 1999). No entanto, há que se levar em consideração a exportação dos elementos minerais pelas sucessivas colheitas de grãos de café e, no SAF, o requerimento de nutrientes pelas outras espécies envolvidas no sistema.

2.1.4. Características do solo

Não houve diferença significativa entre o teor de umidade do solo, na camada mais superficial, para os dois sistemas (Quadro 4). Na maior profundidade,

o sistema agroflorestal mostrou-se melhor armazenador de água no solo, com uma quantidade de água na profundidade de 20 a 40 cm, significativamente maior do que aquela apresentada pelo cultivo solteiro de café.

Quadro 4 – Teor médio de umidade no solo (%), nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), seis meses após a última chuva na região, em 1999. Viçosa – MG, 2001.

Profundidade do solo	SAF	SOLT
0 – 20 cm	16,67 ± 0,32 A	17,55 ± 0,61 A
20 – 40 cm	20,01 ± 0,44 A	19,22 ± 0,71 B

Para cada profundidade no solo (linha), A difere de B pelo teste t ($P < 0,05$)

Considerando a variação do teor de água no solo (Figura 5) em relação à primeira e última coleta, observou-se que, para a profundidade de 0-20 cm no solo, o SAF apresentou uma perda de 16% de umidade, enquanto que o SOLT acusou perda de 13,4%. Na camada mais profunda do solo (20-40 cm), o SAF apresentou perda de água ligeiramente menor que no SOLT, sendo 7,8% e 8,5% respectivamente, o suficiente para diferir estatisticamente.

Apesar da potencial transpiração do sistema como um todo e da concorrência das árvores com o café pela água disponível, os dados sugerem que o SAF foi capaz de conservar por mais tempo a umidade do solo, ao menos até 40 cm de profundidade. Diversos relatos mostram o benefício da presença de árvores no sistema agrícola em reduzir a temperatura do ar abaixo do dossel, com conseqüente aumento da umidade do ar e do solo (CAMARGO e FERNANDES, 1989; DANTAS et al. 1990, SÁ, 1994; CARAMORI, 1995; SEVERINO e OLIVEIRA, 1999), além de reduzir a velocidade dos ventos no seu interior, diminuindo a evaporação pelas plantas. A redução da temperatura do ar possivelmente imprime menor transpiração pela cultura, diminuindo o requerimento de água pela mesma

(KIMENIA e NJOROGE, 1988). Além disso, a serrapilheira caída das árvores funciona como barreira à perda de água pelo solo (SANCHEZ, 1995).

O teor de umidade no solo foi maior com a profundidade, tanto no solo sob SOLT como sob SAF (Quadro 4), provavelmente devido tanto pela maior evaporação de água da camada superficial do solo, imediatamente em contato com o ar, como também pela possível presença de maior quantidade de raízes nesta profundidade.

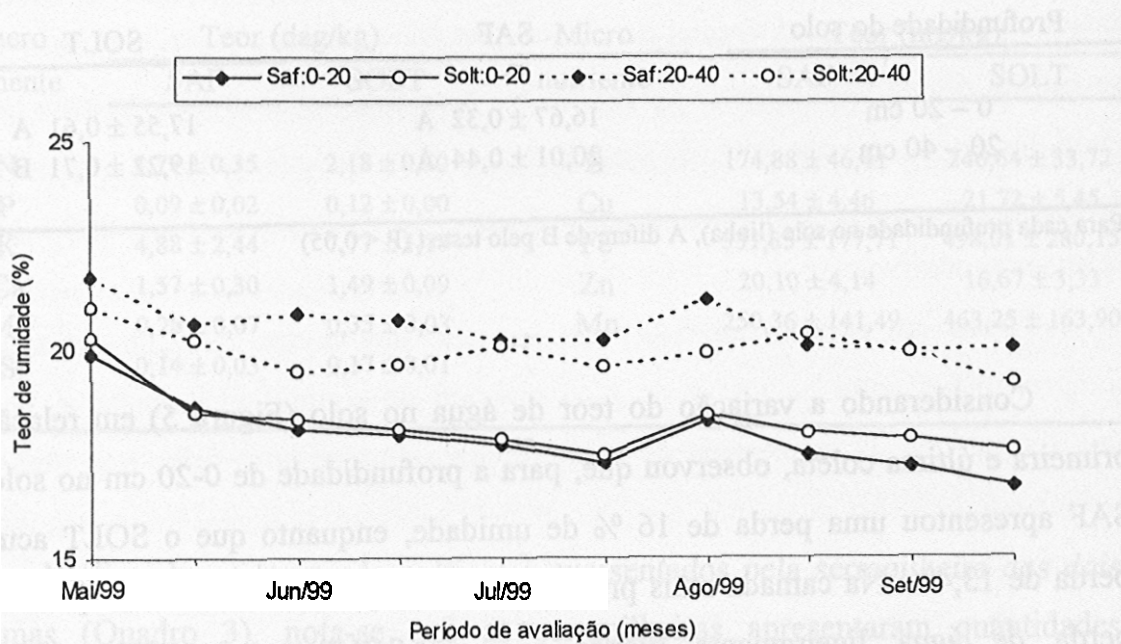


Figura 5 - Teor médio de umidade (%) do solo, de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

Pelo comportamento da água no solo dos dois sistemas (Figura 5), percebe-se que, embora o teor final de umidade na camada mais rasa do solo não tenha diferido entre os dois sistemas, o SAF perdeu mais água na camada mais superficial do solo, como mostrado anteriormente. Este comportamento inverteu com o aumento da profundidade. A pequena elevação no teor de umidade encontrada em agosto/99, foi

devido à uma chuva que ocorreu poucos dias antes do dia da avaliação. Resultado diferente foi encontrado por Franco (1952) citado por KRUG (1965), que medindo a quantidade de água disponível no solo de cafezais sombreados e não sombreados durante períodos de seca, verificou que no ambiente sob sombra a quantidade de água disponível foi sempre menor.

As características químicas dos solos sob cafeeiros em cultivo solteiro (SOLT) e sombreado (SAF) são apresentadas no Quadro 5. Em ambos os sistemas, quando se compara as profundidades, pode-se perceber que as médias indicaram melhor status da fertilidade no horizonte superficial. Isso provavelmente se deve à influência das adubações e da matéria orgânica, que se concentrou mais à superfície.

Quadro 5 – Teor médio de nutrientes¹, na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm no solo de lavouras cafeeiras (*Coffea arabica* L.) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT). Média de 4 avaliações. Viçosa – MG, 2001.

	pH ²	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC		V	m	MO	Zn	Cu
									Efet	Tot					
	--mg/dm ³ --		-----cmol _c /dm ³ -----					-----%-----		dag/kg	--mg/dm ³ --				
0-20															
SAF	4,98	6,18	58,60	0,48	1,91	0,56	6,42	2,64	3,12	9,05	29,15	17,74	3,96	4,78	1,68
SOLT	4,64	9,07	50,39	0,89	1,02	0,30	8,11	1,46	2,35	9,57	14,94	41,51	4,35	4,16	1,52

20-40															
SAF	4,99	1,72	29,05	0,54	1,62	0,38	6,04	2,08	2,63	8,13	26,17	23,66	3,17	4,11	1,68
SOLT	4,55	3,24	23,83	1,14	0,63	0,16	8,69	0,86	2,00	9,55	9,11	56,64	3,81	3,06	1,41

¹ Extratores utilizados:

P, K, Zn, Cu = Extrator Mehlich 1

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = Extrator KCl 1 mol/L

H+Al = Extrator Acetato de Ca 0,5 mol/L pH 7,0

² pH em água, relação: 1:2,5

SB = soma de bases trocáveis

CTC Efet = Cap. de Troca Catiônica Efetiva

CTC Tot = Cap. de Troca Catiônica à pH 7

V = índice de saturação de bases

m = índice de saturação de alumínio

A comparação dos resultados da análise dos solos, como base nas recomendações de RIBEIRO et al. (1999), inferiu sobre o horizonte mais superficial

(0-20 cm de profundidade). As amostras mais profundas forneceram indicação da acidez e da lixiviação de nutrientes.

O teor de matéria orgânica (MO) encontrado foi satisfatório para os dois sistemas, indicando teor médio e bom para o SAF e SOLT, respectivamente. As camadas de solo mais profundas apresentaram teor de MO menor que o de superfície, uma vez que o efeito da adição de resíduos vegetais ao solo se faz sentir nas camadas superficiais. Em florestas tropicais, a maior parte da matéria orgânica esta nos primeiros centímetros do solo (CUNHA, 1995). Verificou-se ainda, que o solo sob SOLT apresentou valor de matéria orgânica (MO) acima do que o solo sob SAF. Apesar do sistema agroflorestal ter produzido e acumulado maior quantidade de serrapilheira, isto não reverteu em maior teor de MO no solo. Embora alguns pesquisadores tenham demonstrado que as folhas das árvores, o maior componente de serrapilheira em sistemas agroflorestais, em geral se decompõem mais devagar que folhas de café (ARANGUREN et al., 1982; CUENCA et al., 1983), devido à composição química das folhas de cada espécie (BLOOMFIELD et al., 1993; ARGUELLO-A., 1995), poderia estar ocorrendo no SAF uma decomposição mais rápida, comparando com a taxa de decomposição da lavoura a pleno sol, uma vez que existe menos MO no solo do SAF.

A redução das temperaturas extremas (máximas e mínimas) e o aumento da umidade dentro da lavoura de café sob sombreamento, criando um ambiente mais ameno, poderia estar favorecendo a atividade microbiana no sistema agroflorestal. Experimentos de decomposição em ambos os sistemas estudados talvez possam esclarecer o ocorrido.

A heterogeneidade do plantio das diferentes espécies de árvores, em volta e entre a lavoura de café, pode ter contribuído para a desuniformidade no teor de matéria orgânica observado entre as plantas estudadas neste sistema, resultando na média final em teor de MO abaixo daquele apresentado pelo solo sob SOLT (Quadro 1A do apêndice). Em experimento realizado em solo de encosta sob mata natural, CUNHA (1995) observou que as cotas mais elevadas não contribuíram com o carbono orgânico para as cotas mais baixas, dada a proteção oferecida pela vegetação à ação transportadora da água. Maior teor de MO em solos cultivados

com café a pleno sol, quando comparados com o solo de cafeicultura sombreada, também foi encontrado por BABBAR e ZAK (1995).

Os valores de pH se situaram abaixo de 5, enquadrando os solos como ácidos, não havendo muita alteração entre as duas profundidades (Quadro 5).

Tanto a acidez trocável (Al^{3+}) como o índice de saturação de alumínio (m) mostraram níveis médios para o SOLT e baixos para o SAF, na profundidade de 0-20 cm, sugerindo que o SAF foi mais hábil em anular o alumínio no solo, que o café solteiro, provavelmente pela contribuição das ámores, tanto de suas raízes como de suas folhas formadoras de serrapilheira. Na maior profundidade, o teor de alumínio (Al^{3+}) no solo dobrou, alcançando níveis prejudiciais ao cafeeiro. O pH inferior a 5,6 ajuda a disponibilizar o Al, além do teor de cálcio no SOLT se apresentar baixo.

Os valores mais altos de soma de bases (SB), CTC efetiva e índice de saturação de bases (V) foram apresentados para o SAF, nas duas profundidades, enquanto que para a CTC a pH 7, o SOLT apresentou valor mais alto, sendo classificada como boa para os dois sistemas (Quadro 5). Os valores de V para os dois sistemas estiveram baixos, indicando que haveria necessidade de calagem, visando $V = 60\%$. A SB foi considerada média e baixa para o SAF e SOLT, respectivamente, sugerindo que os solos do SAF possuem mais cátions disponíveis em sua solução. Todas essas características diminuiram seus valores com a profundidade, exceto para $H+Al$ do SOLT.

Quanto aos macronutrientes, os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram considerados médios para o SAF e baixos para o SOLT. O cálcio é a base predominante do complexo coloidal do solo responsável pela elevação do pH (GUIMARÃES e LOPES, 1986), e se encontrou com teores mais elevados na serrapilheira do SAF.

O potássio (K) é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro. O teor de potássio encontrado nos solos se mostrou baixo, para ambos os sistemas, com expressiva inferioridade na camada de 20-40 cm de profundidade (Quadro 5). Nesses níveis, o K pode comprometer o desenvolvimento e frutificação do cafeeiro. Apesar da competição das ámores pelos nutrientes disponíveis no solo, e por apresentar serrapilheira mais pobre em potássio, verificou-se teor de K no solo do

SAF acima do apresentado pelo SOLT, o que levanta a hipótese de estar havendo maior perda deste nutriente nos solos dos cafeeiros sob sol pleno.

O teor de fósforo (P) para o SAF foi médio e para o SOLT foi bom. Embora o solo apresentasse teor suficiente de P, nas folhas de café o teor esteve abaixo do adequado para a cultura (Quadro 9), sugerindo que os cafeeiros não estavam extraindo quantidades suficientes para seu crescimento e desenvolvimento. No caso do SAF foi provável a ocorrência de competição pelo P disponível, pois, apesar da mesma exigência em P, comparando com N e K, o fósforo é, provavelmente, um nutriente muito requisitado pelas outras plantas e geralmente pouco disponível nos solos.

Baixos teores podem, provavelmente, estar relacionados à exportação anual pelas colheitas dos frutos de café, que obedece a seguinte ordem decrescente: macronutrientes = $K > N > Ca > Mg > S > P$; e micronutrientes = $Fe > Zn > B \approx Mn > Cu > Mo$ (MALAVOLTA, 1996).

Em relação aos micronutrientes, o teor no solo de zinco (Zn) esteve bom e o de cobre (Cu) alto, tanto para o SAF como para o SOLT, mas o cobre não apresentou problemas para o cafeeiro, como poderá ser visto pelo seu conteúdo foliar.

Em relação às características de solo analisadas, embora se esperasse o teor de MO maior no SAF, nota-se que este sistema apresentou maior pH, Ca, Mg, K, Zn, V, e menor m , indicando que o material vegetal depositado sob o solo pelas árvores está sendo mineralizado, liberando nutrientes e que estes, provavelmente, influenciam as reações que lá ocorrem, contribuindo para a melhora nos parâmetros de fertilidade, em comparação com o cultivo solteiro.

Foi observada grande variação nos valores encontrados das características químicas analisadas, em relação as plantas selecionadas dentro de cada sistema (Quadro 1A do apêndice), provavelmente por influência das espécies arbóreas vizinhas. Isto sugere que os diferentes pés de café podem apresentar comportamentos distintos, dentro da mesma área. Os possíveis efeitos destas diferenças de fertilidade do solo sobre o sistema radicular e conseqüentemente sobre

a planta como um todo, reflete no desempenho dos cafeeiros, de um local para o outro, ainda que sob mesmo sistema de manejo da lavoura.

2.2. Estudo do componente café

2.2.1. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro

Houve diferença significativa entre o crescimento vegetativo dos cafeeiros do sistema agroflorestal (SAF) e do cultivo solteiro (SOLT) (Quadro 6). As plantas do SAF apresentaram valores menores de incremento em número de nós, tamanho do ramo e número máximo de folhas, indicando crescimento inferior do cafeeiro sob sombra. O menor tamanho de ramo sugere que as plantas sob sombra apresentaram diâmetro médio da copa menor que as plantas cultivadas a pleno sol. Ao final do experimento, as plantas de café presentes no SAF registraram em média, ramos de 68,1 cm, com cerca de 25 nós, fornecendo um entre-nó médio de 2,7 cm, para cada planta. No SOLT, os valores médios encontrados foram de 83,2 cm para o tamanho do ramo, com 34 nós presentes, indicando entre-nó médio de 2,4 cm.

Quadro 6 - Desenvolvimento vegetativo médio por ramo, por planta de café (*Coffea arabica* L) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Viçosa – MG, 2001.

	SAF	SOLT
Incremento final em número de nós	11,86 ± 1,48 B	16,25 ± 3,55 A
Número máximo de folhas alcançado	10,13 ± 0,81 B	15,61 ± 2,23 A
Número mínimo de folhas alcançado	2,78 ± 0,50 A	1,91 ± 0,29 A
Incremento final em tamanho do ramo (cm)	27,55 ± 3,22 B	35,24 ± 7,56 A
Área foliar máxima alcançada (cm ²)	560,14 ± 77,03 A	569,53 ± 45,44 A
Área foliar mínima alcançada (cm)	147,66 ± 28,45 A	120,91 ± 35,66 A

Para cada característica avaliada (linha), A difere de B pelo teste t (P < 0,05)

Não houve diferença estatística entre os dois sistemas quanto ao número mínimo de folhas (Quadro 6). Associando com os dados de número máximo de folhas, nota-se que as plantas de café sob SAF, apresentaram, em média, menor emissão de folhas, indicando menor amplitude de queda e formação das mesmas, comparado com o cafeeiro em cultivo solteiro.

A área foliar, tanto a máxima como a mínima, alcançada pelas plantas de café, também não mostrou ser diferente entre os sistemas (Quadro 6). A relação entre os valores de máxima área foliar e número máximo de folhas dos cafeeiros mostrou que, neste período de maior enfolhamento, as plantas do SAF possuíam área foliar média de $55,2 \text{ cm}^2/\text{folha}$, enquanto que o cafeeiro a pleno sol mostrou $36,4 \text{ cm}^2/\text{folha}$, evidenciando que o SAF produziu, em média, folhas de maior tamanho. O aumento da área foliar é um mecanismo apresentado pelos cafeeiros sombreados em resposta à menor luminosidade do sistema quando comparado com o cultivo a pleno sol. O mesmo comportamento foi observado por outros autores (CAMARGO e FERNANDES, 1989; DANTAS et al., 1990; LARRAMENDI e ABALLES, 1995).

Observando o valor mínimo para número de folhas e área foliar, nota-se que, embora as plantas de café nos dois sistemas não tenham se diferenciado estatisticamente quanto a esses parâmetros, a área média das folhas variou. Durante o período de menor quantidade de folhas, o cafeeiro sob sol pleno apresentou área foliar média de $63,3 \text{ cm}^2/\text{folha}$, enquanto que nas plantas do SAF verificou-se área foliar média por folha de $53,1 \text{ cm}^2$.

A variação de tamanho apresentada pelas folhas, entre o período de máximo e mínimo número de folhas e área foliar, sugerem que o cafeeiro sob SAF manteve uma constância nas dimensões foliares ao longo do ano, o que não ocorreu com as plantas de café em cultivo solteiro, que apresentaram folhas maiores quando não estavam em período de produção de frutos.

As plantas de café nos dois sistemas mostraram aumento progressivo no número de nós ao longo do tempo, sendo definidos dois meses de maior incremento (Figura 6). Para o SAF, o máximo crescimento em nós se deu nos meses de dezembro/98 e novembro/99, enquanto que o SOLT apresentou o maior incremento

em fevereiro/99 e novembro/99. Para este último, as plantas de café ainda acusaram um terceiro surto de crescimento em março/2000. Estes períodos corresponderam à época de chuvas na região, onde temperatura e umidade favorecem o crescimento do café. A queda no incremento de nós se iniciou em março/99 e se estendeu até agosto/99, período seco e com temperaturas mais baixas. O cafeeiro voltou a crescer a partir de setembro/99.

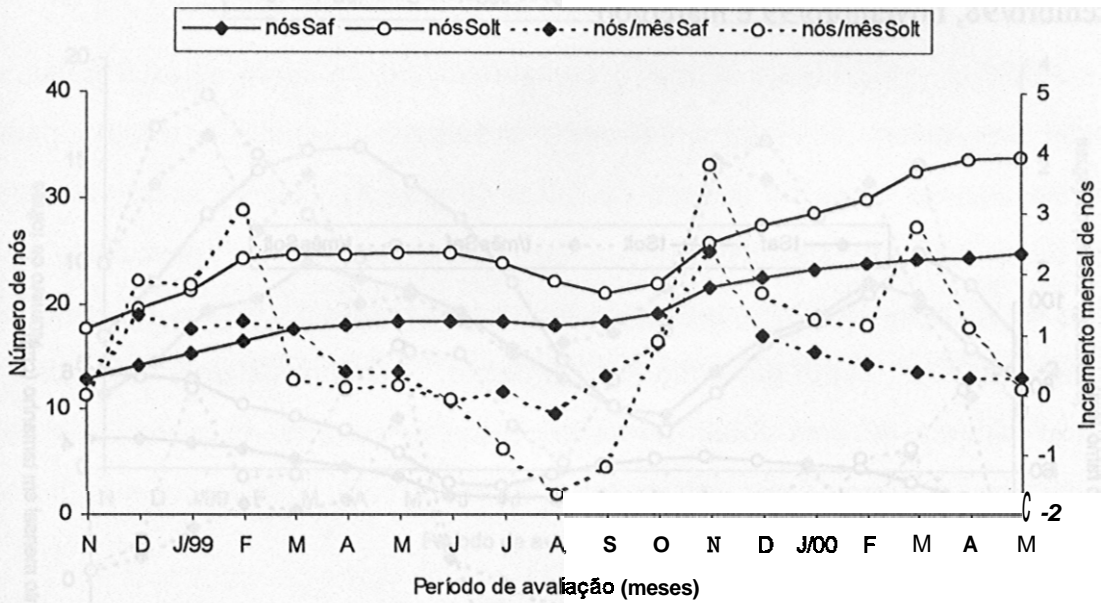


Figura 6 - Número (nós) e incremento mensal (nós/mês) médios de nós por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa- MG, 2001.

A lavoura cafeeira sob SAF apresentou menor formação de nós que aquela situada sob sol pleno (Quadro 6), no entanto, mostrou crescimento mais contínuo ao longo do tempo, com menor variação no incremento mensal em nós durante o ano (Figura 6). A menor amplitude de queda e formação de nós sugere que o sombreamento promoveu, em relação ao crescimento dos ramos, um comportamento mais estável aos cafeeiros. A queda na taxa de formação de ramos

pode se dar em razão de várias causas, sendo uma delas a falta de reservas e esgotamento da planta, o que acontece com maior frequência em lavouras cafezeiras situadas a pleno sol.

A curva de comprimento do ramo das plantas de café, seguiu o mesmo padrão da curva de produção de nós, para ambos os sistemas estudados (Figura 7). Os cafeeiros apresentaram três picos de incremento mensal em tamanho. No SAF, as plantas de café acentuaram seu crescimento nos meses de janeiro e março/99 e novembro/99. No cafeeiro a pleno sol o maior incremento se deu nos meses de dezembro/98, novembro/99 e março/00.

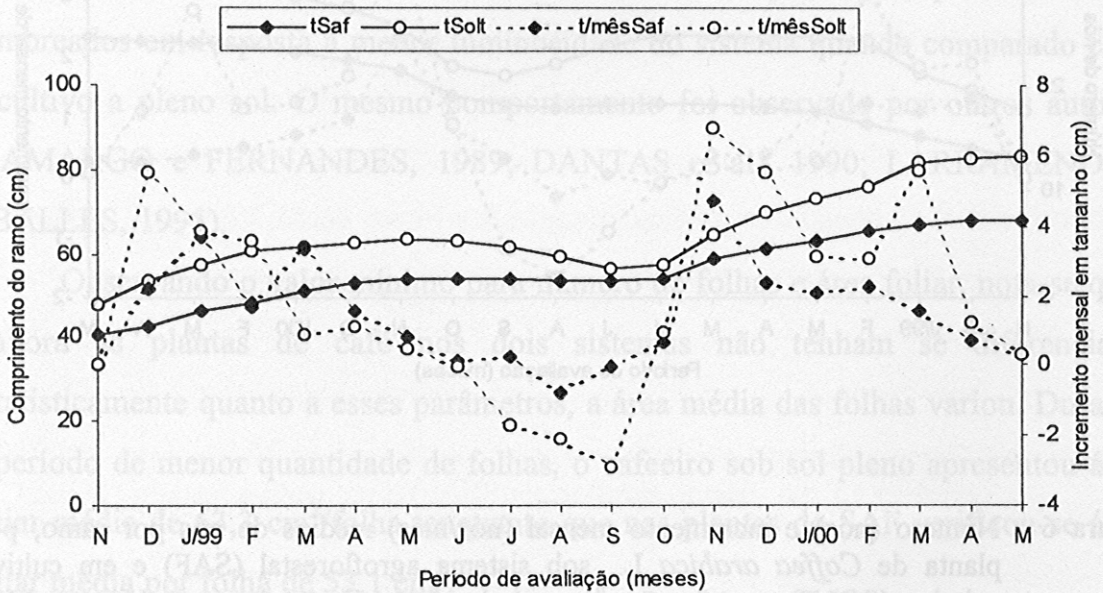


Figura 7 - Número (t) e incremento mensal (t/mês) médios de comprimento do ramo, por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

Comportamento semelhante para número e incremento mensal de folhas foi apresentado pelos cafeeiros de ambos os sistemas (Figura 8). Para o ano de 1999, o número máximo de folhas foi alcançado, no mês de março para SAF e abril para o

SOLT; e no ano de 2000, em fevereiro e março para o SAF e SOLT respectivamente. As plantas do SOLT apresentaram-se, na média do período de avaliação, mais enfolhadas que as do SAF (Quadro 6). Mesmo comportamento em cafezais com e sem sombra foi encontrado por outros autores (WELLMAN, 1961; KRUG, 1965).

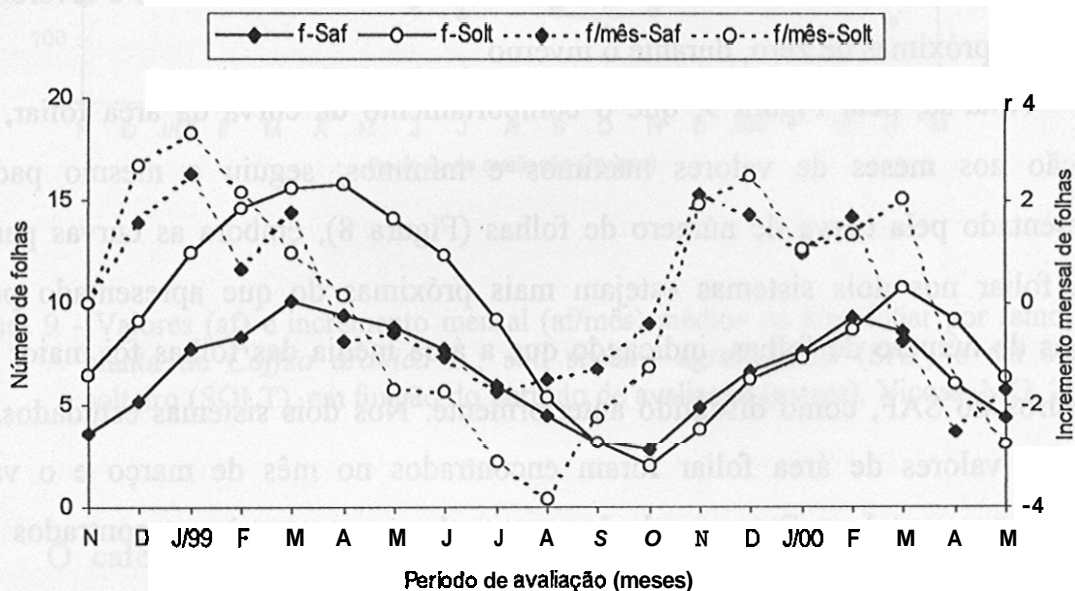


Figura 8 - Número (f) e incremento mensal (f/mês) médios de folhas por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

Em ambos sistemas estudados, o mês de menor número de folhas correspondeu à outubro/99 (Figura 8). O SOLT mostrou número mínimo de folhas menor que o SAF, indicando que, embora o SOLT alcançasse maior número de folhas, ele também apresentou maior desfolha, tomando, na estação seguinte, a atingir valores mais elevados, o que pode ter revertido em desgaste para as plantas. Já o SAF manteve menor amplitude de queda e formação de folhas, constituindo em maior uniformidade ao longo do ano, sendo observado menor desfolha nos cafeeiros sombreados. Maior queda de folhas com aumentos no nível de radiação solar

também foi encontrada por RODRÍGUEZ et al. (1999). Em média, as plantas de café do SOLT apresentaram 87,76% de desfolha em comparação com 72,55% para o SAF.

O maior incremento no número de folhas, para os dois sistemas, ocorreu no período de chuvas (primavera/verão) e de maiores temperaturas, e o declínio coincidiu com o período de seca (outono/inverno) e menores temperaturas. Comportamento semelhante em monocultura de café, foi descrito por NACIF (1997), onde a taxa máxima de crescimento aconteceu entre dezembro e fevereiro e mínimas, próximas de zero, durante o inverno.

Nota-se, pela Figura 9, que o comportamento da curva da área foliar, em relação aos meses de valores máximos e mínimos, seguiu o mesmo padrão apresentado pela curva de número de folhas (Figura 8), embora as curvas para a área foliar nos dois sistemas estejam mais próximas do que apresentado pelas curvas de número de folhas, indicando que a área média das folhas foi maior nos cafeeiros do SAF, como discutido anteriormente. Nos dois sistemas estudados, os maiores valores de área foliar foram encontrados no mês de março e o valor mínimo, em outubro. Estes resultados concordam com aqueles encontrados por BARROS (1972), em estudos com café.

O pico máximo, tanto para área foliar (Figura 9) como para número de folhas (Figura 8), foi alcançado em março, época correspondente ao período produtivo do cafeeiro e também posterior ao período de temperatura do ar mais elevada (Figuras 2 e 3). A partir daí, houve queda no incremento destas características, evidenciando o favorecimento do crescimento reprodutivo em detrimento do vegetativo. Por ter apresentado maior carga de frutos, como será visto adiante, é provável que a lavoura a pleno sol tenha sido mais afetada, sendo a emissão de nós e crescimento de folhas muito reduzido, em razão da prioridade à produção dos frutos. Além disso, a temperatura do ar máxima obtida dentro do dossel deste sistema foi maior que aquela alcançada no SAF. Neste último, a presença de árvores foi responsável pela redução da temperatura na lavoura sob seu dossel.

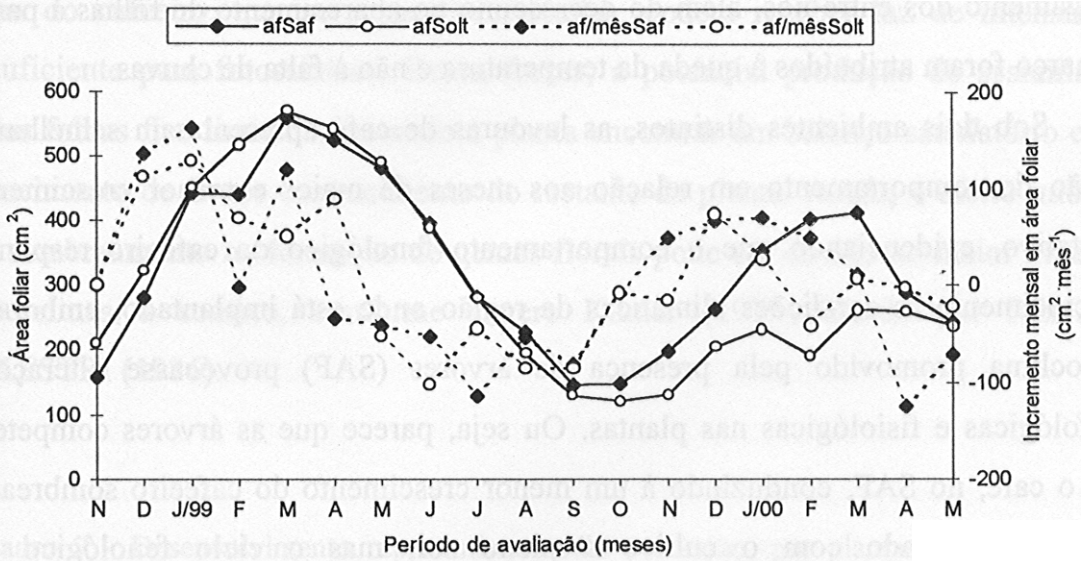


Figura 9 - Valores (af) e incremento mensal (af/mês) médios de área foliar **por** ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa-MG, 2001.

O cafeeiro, nos dois sistemas, registrou grande oscilação no incremento mensal de área foliar ao longo do ano. O maior aumento em área foliar ocorreu em dezembro/98 e janeiro/99, tanto para os cafeeiros presentes no SAF como no SOLT. A partir daí, houve um declínio, que perdurou até setembro/99, atingindo valores negativos nos meses de maio a setembro/99, período coincidente com a desfolha, provavelmente provocada pela ausência de chuvas e baixas temperaturas.

Para todas as características avaliadas, em ambos os sistemas estudados, a maior parte do crescimento, de modo geral, se concentrou no início de outubro até janeiro, quando então, a intensidade de crescimento começou a diminuir, porém ainda na fase de crescimento ativo, que foi de outubro a março. Após atingirem um pico, a intensidade de crescimento caiu, atingindo os níveis mais baixos de todo o ciclo, por volta de setembro. Comportamento semelhante foi observado por outros pesquisadores (BARROS, 1972; SILVA et al., 2000). AMARAL et al. (1987), avaliando periodicidade de crescimento vegetativo do cafeeiro em Viçosa, observou que as menores taxas de crescimento coincidiram, no tempo, com as menores

temperaturas. Para MOTTA (1988), a redução na produção de nós, o menor alongamento dos entre-nós, além do decréscimo no aparecimento de folhas a partir de março foram atribuídos à queda da temperatura e não à falta de chuvas.

Sob dois ambientes distintos, as lavouras de café apresentaram semelhante padrão de comportamento em relação aos meses de maior e menor crescimento vegetativo, evidenciando que o comportamento fenológico do cafeeiro responde principalmente às condições climáticas da região onde está implantado, embora o microclima promovido pela presença de árvores (SAF) provocasse alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas. Ou seja, parece que as árvores competem com o café, no SAF, conduzindo à um menor crescimento do cafeeiro sombreado quando comparado com o cultivo a pleno sol, mas o ciclo fenológico de crescimento e frutificação acompanha a variação sazonal.

2.2.2. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro

Houve diferença significativa entre número de nós produtivos, número de botões florais e número de frutos verdes, entre os sistemas estudados, sendo os maiores valores relativos ao cultivo solteiro de café (SOLT) (Quadro 7). O número de frutos cereja não diferiu estatisticamente, provavelmente devido a colheita, que se realizou com a maioria dos frutos ainda verdes (a colheita nesta época foi feita razão da demanda de mão-de-obra do proprietário da fazenda). Para as demais características avaliadas (número de frutos chumbinho e frutos em início de maturação), os dois sistemas não diferiram entre si, significativamente.

Embora os cafeeiros de ambos os sistemas tivessem apresentado, em média, a mesma área foliar total da planta ao longo do ano, o que seria indicativo de um mesmo potencial produtivo, mantida iguais as demais características do sistema, isso não ocorreu. O SAF se mostrou com menor quantidade de botões florais e frutos, sugerindo que neste sistema, as folhas das plantas de café sombreadas podem não ter sido suficientemente iluminadas para que se procedesse à uma produção e armazenamento de carboidratos suficiente para suportar um aumento na carga de frutos da planta. Em uma planta sob sombra, as folhas externas podem estar em

condições ótimas de luz para a fotossíntese, mas aquelas situadas no interior da copa do cafeeiro, que se acham sombreadas, podem receber luz de intensidade insuficiente para fotossíntese. Dessa forma, a potencial produção de assimilados pelas folhas fica limitada, restando à planta encontrar um balanço satisfatório entre crescimento de frutos e crescimento do restante da planta. Ainda, o efeito inibidor do sombreamento na formação de gemas florais pode ser devido ao maior nível de giberelinas à sombra, conforme sugere Kumar (1979), citado por RENA e MAESTRI (1986).

Quadro 7 - Desenvolvimento reprodutivo médio por ramo, por plantas de café (*Coffea arabica* L) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Viçosa – MG, 2001.

	SAF	SOLT
Número de nós produtivos	1,21 ± 0,45 B	3,20 ± 0,66 A
Número de botões florais	1,36 ± 0,63 B	5,14 ± 1,56 A
Número de frutos chumbinho	2,27 ± 1,11 A	2,73 ± 0,52 A
Número de frutos verdes	2,06 ± 0,91 B	4,27 ± 0,84 A
N. de fr. em início de maturação	0,44 ± 0,32 A	0,36 ± 0,08 A
Número de frutos cereja	0,36 ± 0,19 A	0,60 ± 0,19 A

Para cada característica avaliada (linha), A difere de B pelo teste t (P < 0,05)

Com a menor produção de frutos no SAF, é provável que este sistema tenha produzido frutos de maior tamanho, característica esta também encontrada por outros pesquisadores (FOURNIER, 1987; CAMARGO e FERNANDES, 1989; MATIELLO, 1998).

Observando a evolução média dos frutos dos cafeeiros até o período da colheita (Figura IO), verifica-se que os cafeeiros sombreados iniciaram seu processo produtivo mais cedo, sendo que em setembro já apresentavam botões florais, o que não ocorreu na lavoura em monocultura.

Parece que nos cafeeiros do SAF, além de mostrarem menor formação de flores (Quadro 7), apresentaram menor retenção de frutos na planta, como pode ser observado pela quantidade de frutos potencialmente viáveis, ou seja, que poderiam permanecer até a colheita, determinado por meio da soma do número de frutos chumbinho com frutos verdes; e o número total de frutos na colheita, em maio, para ambos os sistemas (Figura 10). No SAF, a maior quantidade de frutos chumbinhos e verdes, se deu no mês de dezembro, sendo em média equivalente a 6 frutos por ramo, por planta, e o número total de frutos no mês da colheita, em maio, foi de apenas 3,1 frutos por ramo por planta, indicando a queda de cerca de **48%** dos frutos. Na lavoura a pleno sol, os cafeeiros apresentaram um número máximo em média, de 10 frutos potencialmente viáveis por ramo por planta, no mês de março, sendo que a média da colheita para este sistema foi de 8,9 frutos por ramo por planta, indicando que apenas 11% dos frutos foram perdidos até o momento da colheita.

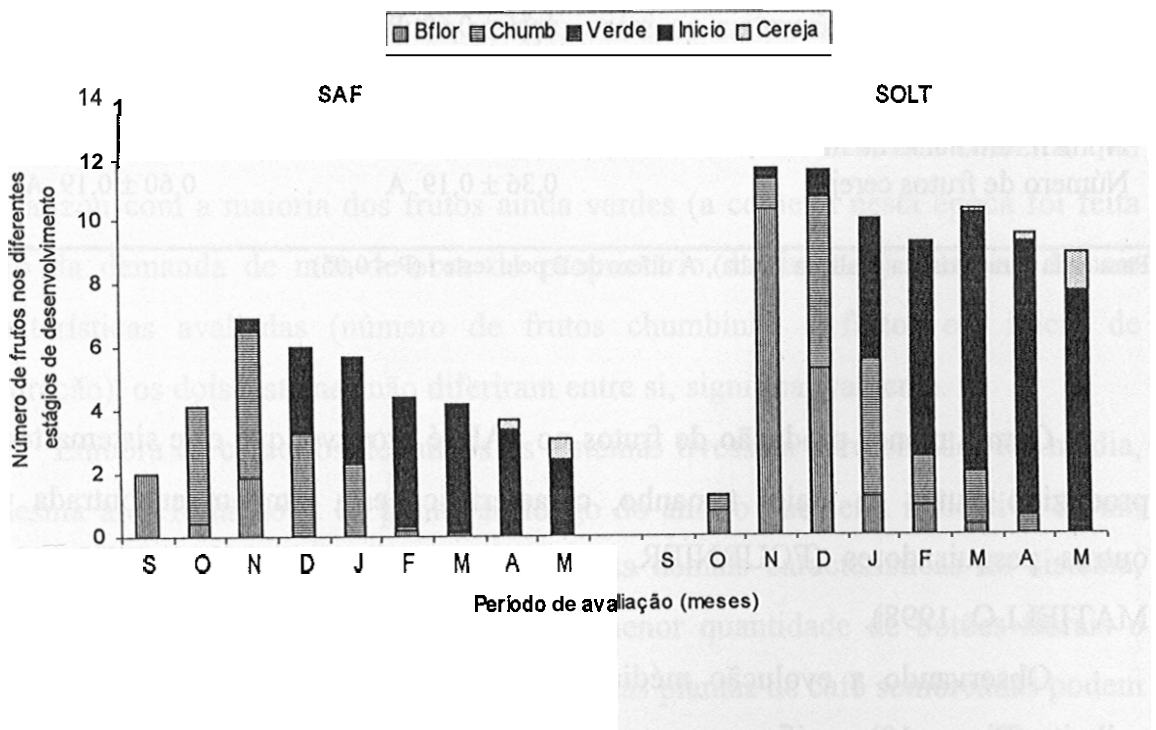


Figura 10 - Evolução média mensal dos frutos nos diferentes estágios de desenvolvimento, por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Média dos dois anos consecutivos. Viçosa – MG, 2001.

De acordo com RENA e MAESTRI (1986), no primeiro mês de expansão rápida, cerca de 8 a 12 semanas depois do florescimento, os frutos comumente estão sujeitos a cair, sob efeito de tensão hídrica ou pela deficiência de nutrição nitrogenada. Para CANNEL (1976), os frutos também podem cair quando as disponibilidades de carboidratos forem baixas. Estes resultados sugerem que houve menor disponibilidade de energia, na forma de carboidratos, para a potencial produção de frutos nos cafeeiros sombreados, sendo um indicativo de que a luminosidade que incidia sob os cafeeiros sombreados pode ter sido insuficiente para seu adequado crescimento e desenvolvimento, como discutido anteriormente.

O comportamento das diferentes estruturas reprodutivas em função do período de avaliação dos cafeeiros nos dois sistemas estudados, são mostrados nas Figuras 11 a 16. Nota-se valores quantitativos, em média, mais altos nos cafeeiros a pleno sol (SOLT), do que pode-se deduzir que a presença de árvores na lavoura cafeeira interferiu negativamente no desenvolvimento reprodutivo da cultura, comparado com a lavoura de café solteiro.

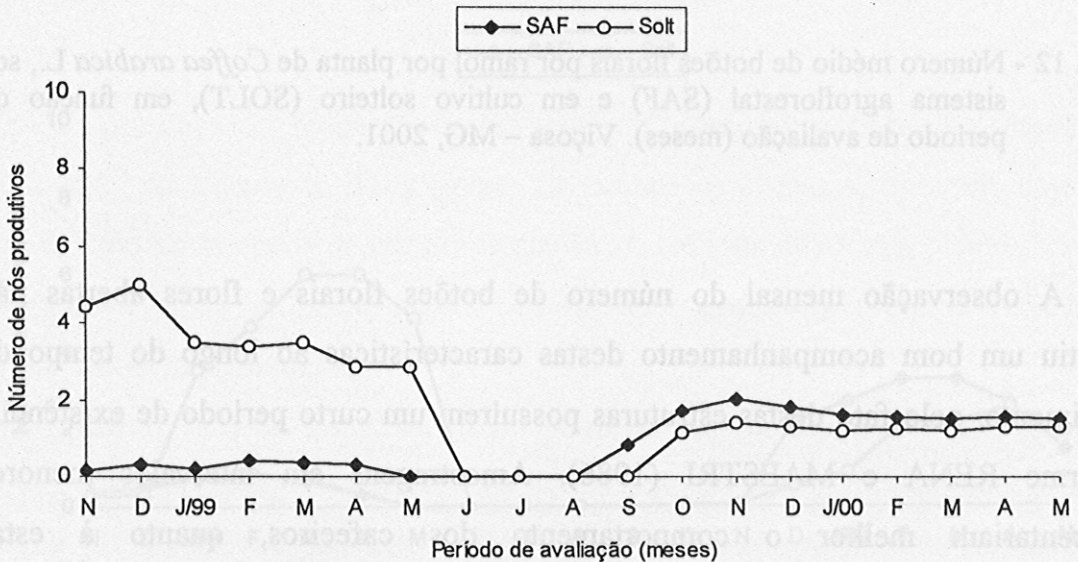


Figura 11 - Número médio de nós produtivos por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

Observa-se que os cafeeiros sombreados mostram maior constância entre as duas safras, na produção de nós potencialmente produtivos em relação aos cafeeiros em cultivo solteiro (Figura 11), concordando com os dados de crescimento vegetativo.

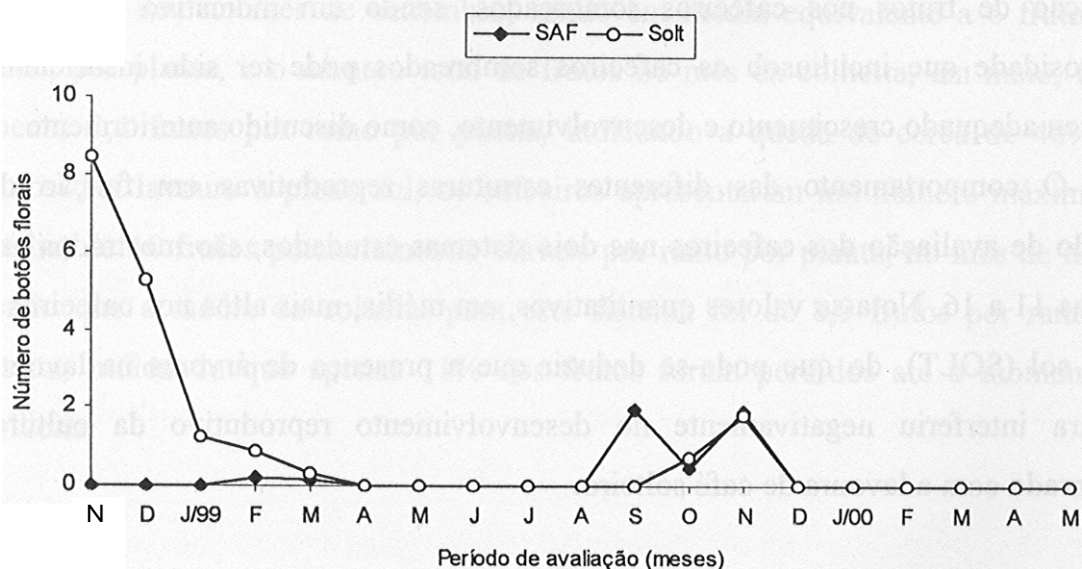


Figura 12 - Número médio de botões florais por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

A observação mensal do número de botões florais e flores abertas não permitiu um bom acompanhamento destas características ao longo do tempo do experimento, pelo fato destas estruturas possuírem um curto período de existência, conforme RENA e MAESTRI (1986). Amostragens em intervalos menores representariam melhor o comportamento dos cafeeiros, quanto à estas características.

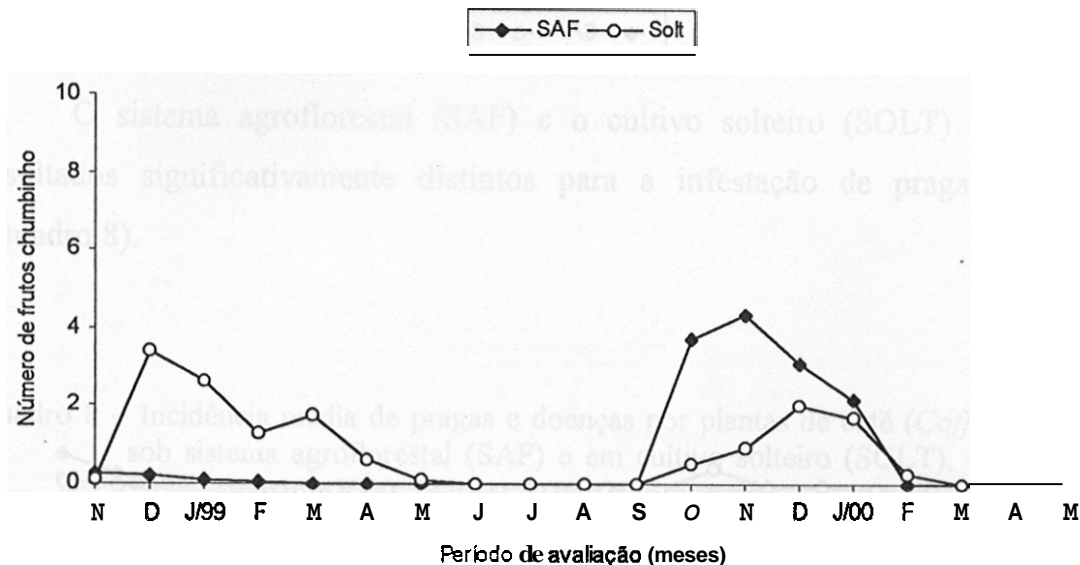


Figura 13 - Número médio de frutos chumbinho por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa –MG, 2001.

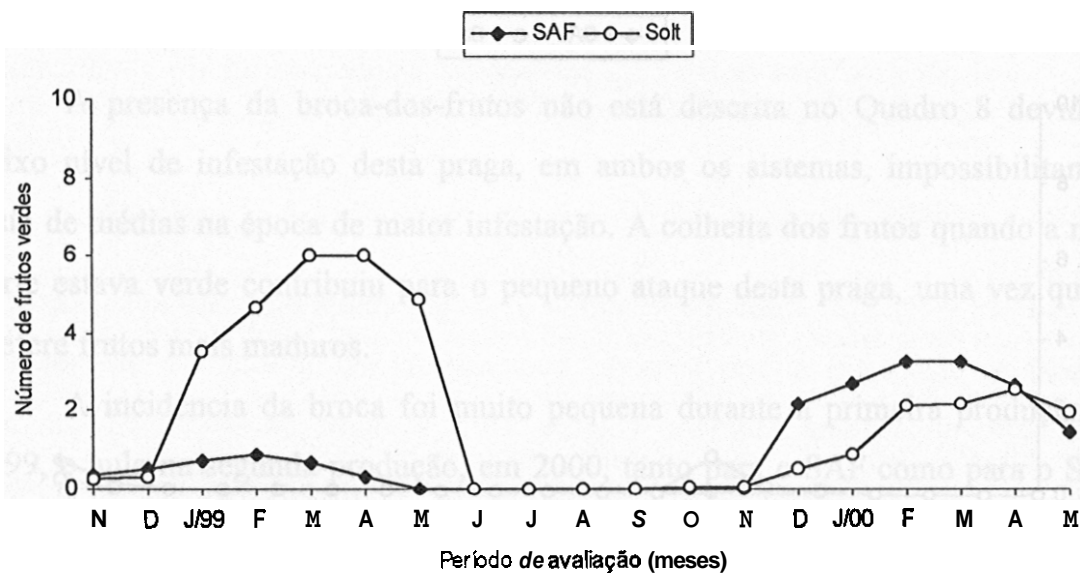


Figura 14 - Número médio de frutos verdes por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa –MG, 2001.



Figura 15 - Número médio de frutos em início de maturação por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

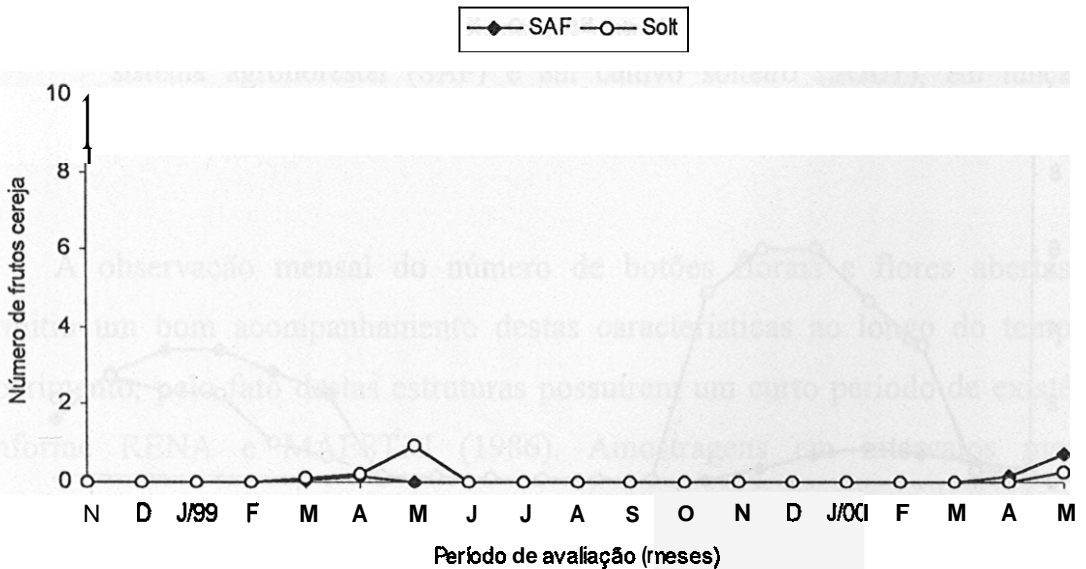


Figura 16 - Número médio de frutos cereja por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa - MG, 2001.

2.2.3. Pragas e Doenças do Cafeeiro

O sistema agroflorestal (SAF) e o cultivo solteiro (SOLT) apresentaram resultados significativamente distintos para a infestação de pragas e doenças (Quadro 8).

Quadro 8 – Incidência média de pragas e doenças por plantas de café (*Coffea arabica* L) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Viçosa – MG, 2001.

	SAF	SOLT
Incidência de bicho-mineiro	1,71 ± 0,26 A	1,22 ± 0,18 A
Incidência de cercosporiose	6,92 ± 0,32 A	5,41 ± 0,35 B
Incidência de ferrugem	8,17 ± 0,37 A	7,08 ± 0,41 B

Para cada característica avaliada (linha), A difere de B pelo teste t ($P < 0,05$)

A presença da broca-dos-frutos não está descrita no Quadro 8 devido ao baixo nível de infestação desta praga, em ambos os sistemas, impossibilitando o teste de médias na época de maior infestação. A colheita dos frutos quando a maior parte estava verde contribuiu para o pequeno ataque desta praga, uma vez que ela prefere frutos mais maduros.

A incidência da broca foi muito pequena durante a primeira produção, em 1999, e nula na segunda produção, em 2000, tanto para o SAF como para o SOLT (Figura 17). O maior número de frutos brocados foi encontrado no mês da colheita, onde havia maior disponibilidade de alimento .

O bicho-mineiro também quase não esteve presente nos sistemas durante o período de avaliação, com poucas folhas mostrando danos causado por este inseto. As plantas de café não apresentaram diferença significativa entre os dois sistemas,

quanto à incidência desta praga (Quadro 8). Resultados semelhantes foram obtidos por BATISTELA SOBRINHO (1990). A presença das árvores pode ter funcionado como refúgio para inimigos naturais desta mariposa, influenciando negativamente tanto a presença da praga como o seu ataque, em ambos os sistemas.

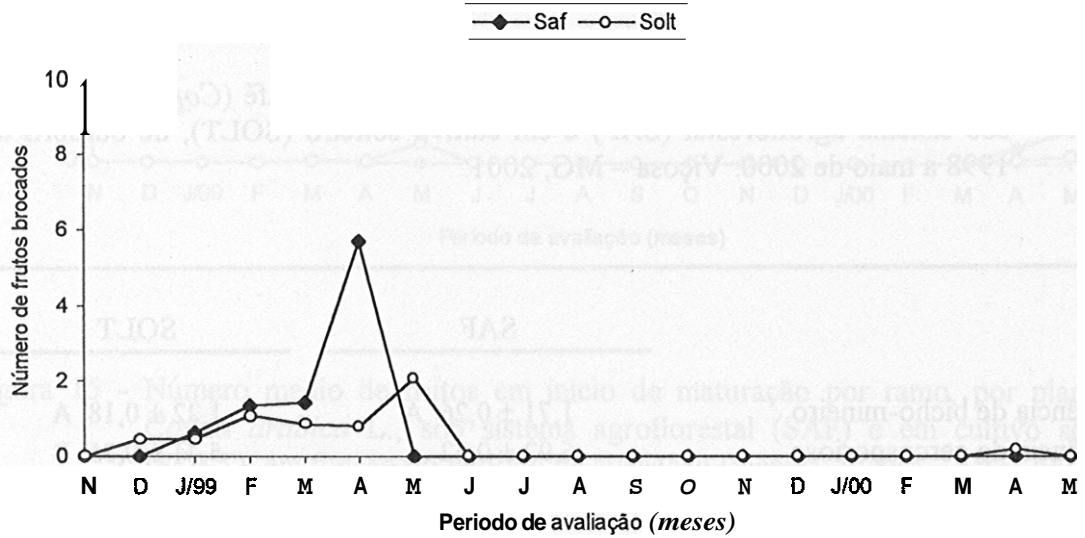


Figura 17 - Incidência média de broca dos frutos (*Hiptenemus hampei*) por ramo, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

A *Perileucoptera coffeella* apresentou o mesmo comportamento nos cafeeiros cultivados a pleno sol e sob sombra, aumentando ou diminuindo seu ataque independente do sistema estudado (Figura 18). A maior incidência se deu no período seco (outono/inverno), resultado também encontrado por outros autores (ROJAS, 1990, MATIELLO, 1991).

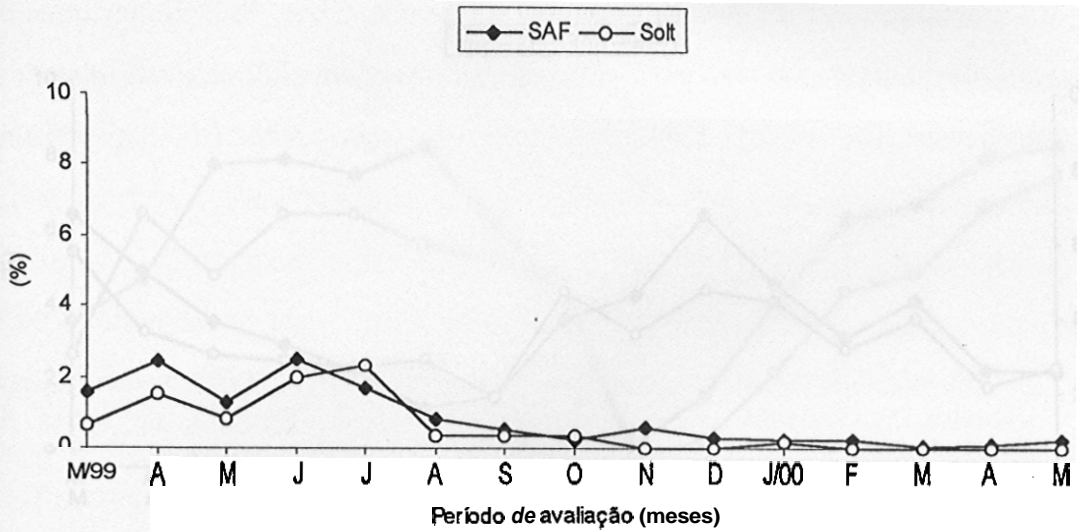


Figura 18 - Incidência média (%) de bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*) por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (IOLT), em função do período de avaliação (meses), Viçosa-MG, 2001.

A lavoura sombreada apresentou incidência significativamente maior de cercosporiose (Quadro S). Observa-se que esta incidência aumenta com o período seco, tendo atingido o pico máximo em agosto e mínimo no início das chuvas, em novembro (Figura 19). Períodos de estiagem prolongada favorecem o ataque da doença pelo fato de tornarem-se as plantas deficientes em nutrientes (ZAMBOLIM, 1999).

A ferrugem se mostrou bastante presente em ambos os sistemas, embora o cafeeiro cultivado sob sombra tenha apresentado, em média, valor estatisticamente superior do ataque deste fungo (Quadro S). O microclima estabelecido pelo sistema agroflorestal, com menores oscilações de temperatura, sendo estas também mais baixas, e uma permanência de umidade dentro da lavoura, comparando com o cultivo a pleno sol, favorecem o ataque de ferrugem.

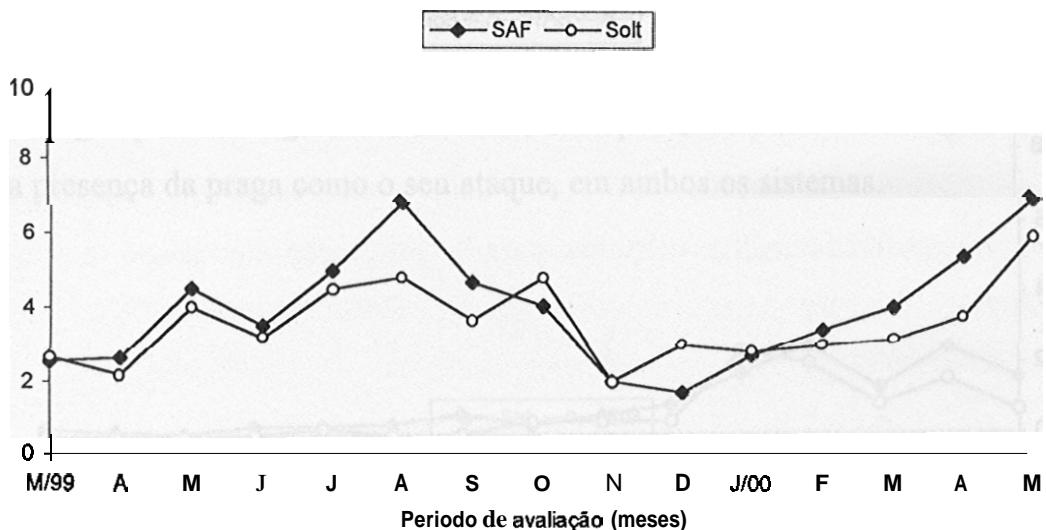


Figura 19 - Incidência média (%) de cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

A maior incidência de *Hemilea vastatrix* se deu no período de maior enfolhamento do cafeeiro. Observa-se que a curva da doença (Figura 20) acompanhou o comportamento da curva de número de folhas (Figura 8). Em ambos sistemas, no período de intensa desfolha, em outubro, a incidência da doença caiu bruscamente, tornando-se nula no mês seguinte. Com a retomada do crescimento de folhas pelas plantas de café, que acompanhou o provável aumento da umidade do ar com as chuvas que se seguiram, o ataque do fungo voltou a aumentar.

A partir de julho evidenciou-se um decréscimo na intensidade da doença, devido, possivelmente, à ocorrência de períodos secos e temperaturas baixas, que não favoreceram a evolução da doença. Resultados semelhantes foram encontrados por VALE et al., (2000).

Estudando o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro, OSEGUERA (1980) e ZAMBOLIM et al. (1999) atribuíram a fraca intensidade da doença de setembro a novembro, à baixa densidade de inóculo e à alta quantidade de folhas caídas. O surgimento de novas folhas e condições favoráveis de temperatura favoreceram a expansão das lesões já existentes e conseqüentemente a multiplicação do inóculo,

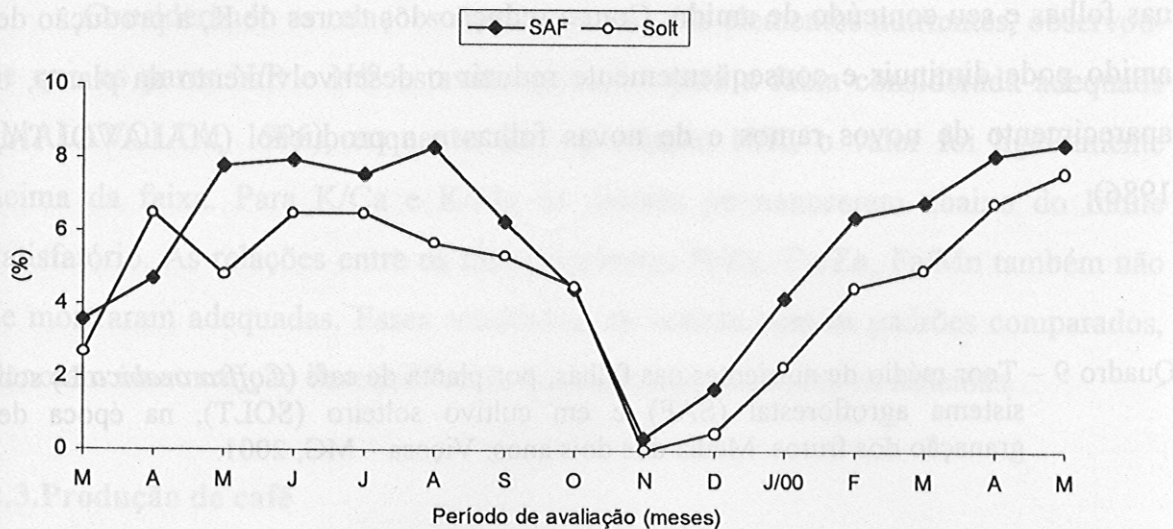


Figura 20 - Incidência média (%) de folhas atacadas pela ferrugem (*Hemileia vastatrix*) por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), em função do período de avaliação (meses). Viçosa – MG, 2001.

2.2.4. Estado nutricional do cafeeiro

Pelos resultados da análise foliar pode-se constatar que não houve grande diferença entre os SAF e o cultivo solteiro (SOLT) para os teores de macronutrientes encontrados nas plantas de café (Quadro 9). Embora as duas lavouras recebam adição de nutrientes igualmente, o SAF apresentou teores de NPK levemente inferiores aos do SOLT, sugerindo que houve competição das árvores pelos nutrientes disponíveis. Em ambos os sistemas, os teores de N, Ca e Mg permaneceram dentro da faixa considerada adequada para Viçosa, MG (RIBEIRO et al., 1999). Os teores de P e K apresentaram-se inferiores e o de S superiores aos níveis preconizados.

O fósforo, embora seja um nutriente pouco exigido pelo cafeeiro, comparado às exigências de N e K, é essencial para a produção dos frutos. Em cafeeiros adultos, os teores baixos de P não causam normalmente problemas de deficiência. Já o potássio, é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro, tanto para o crescimento vegetativo quanto para a frutificação. Há correlação positiva entre K

nas folhas e seu conteúdo de amido. Com a redução dos teores de K, a produção de amido pode diminuir e conseqüentemente reduzir o desenvolvimento da planta, o aparecimento de novos ramos e de novas folhas e a produção. (MALAVOLTA, 1986).

Quadro 9 – Teor médio de nutrientes nas folhas, por planta de café (*Coffea arabica* L) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), na época de granação dos frutos. Média dos dois anos. Viçosa – MG, 2001.

	Teor (dag/kg)		
	SAF	SOLT	Adequado*
Macronutriente			
N	2,67	2,97	2,64 – 3,08
P	0,17	0,19	0,22 – 0,26
K	1,78	1,82	2,18 – 2,84
Ca	1,24	1,23	1,21 – 1,45
Mg	0,40	0,34	0,34 – 0,58
S	0,17	0,17	0,10 – 0,12
	Teor (mg/kg)		
Micronutriente			
B	206,48	176,92	28 – 52
Cu	18,81	21,70	12 – 29
Fe	114,69	75,28	62 – 88
Zn	8,92	7,09	6 – 12
Mn	297,35	329,19	94 – 313

* RIBEIRO et al.. 1999.

Em relação aos micronutrientes, foram encontradas maiores divergências entre os dois sistemas (Quadro 9), no entanto não houve carência de nenhum dos elementos analisados. Para o SAF, os teores de Cu, Zn e Mn foram adequados, e para o SOLT, permaneceram dentro da faixa, os teores de Cu, Fe e Zn. Foram encontrados altos níveis de ferro nos tecidos de folhas de café sob sombreamento.

Considerando as relações entre os teores dos elementos nutrientes, observou-se que os pares N/P e N/S estavam ajustados para a faixa considerada adequada (MALAVOLTA, 1996), enquanto que na relação N/K, o valor foi ligeiramente acima da faixa. Para K/Ca e K/Mg os valores permaneceram abaixo do limite satisfatório. As relações entre os micronutrientes B/Zn, Cu/Zn, Fe/Mn também não se mostraram adequadas. Esses resultados, de acordo com os padrões comparados, denotam uma nutrição desequilibrada dos cafeeiros de ambos os sistemas.

2.3. Produção de café

A produção do café cultivado a pleno sol (SOLT) foi, em média, superior ao sistema agroflorestal (Quadro 10).

Quadro 10 – Produção média de frutos (gMS.planta⁻¹), por plantas de café (*Coffea arabica* L) sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT), de outubro de 1998 a maio de 2000. Média dos dois anos. Viçosa – MG, 2001.

Produção	SAF	SOLT
Frutos verdes	73,11 ± 23,75 B	286,40 ± 60,13 A
Frutos cereja	53,96 ± 18,50 B	197,62 ± 30,95 A
Frutos secos	1,60 ± 0,62 A	4,53 ± 0,91 A
Total de frutos	128,69 ± 35,49 B	488,56 ± 91,23 A

Para cada característica avaliada (linha), A difere de B pelo teste t (P < 0,05)

Em média, a lavoura cafeeira sob sistema agroflorestal produziu cerca de 514,8 kg.ha⁻¹ de café em coco, enquanto que os cafeeiros do cultivo solteiro forneceram cerca de 2442,8 kg.ha⁻¹, o que equivale a 8,6 sacas de 60 kg e 40 sacas de 60 kg, de café em coco, por hectare, para o SAF e SOLT respectivamente.

Nota-se, no entanto, que proporção entre frutos verde e cereja, no momento da colheita, foi muito semelhante nos dois sistemas (Figura 21).

A produção total de frutos por planta diferiu estatisticamente entre os dois sistemas, sendo que o SAF produziu cerca de 4 vezes menos café que o SOLT (Quadro 10), sugerindo que a presença das árvores, neste caso, foi fator influente da queda na produção de café no sistema agroflorestal. Entretanto, o crescimento e a produção de frutos no café estão condicionados à vários fatores, entre eles luminosidade e disponibilidade de nutrientes, sendo todos estes afetados pela presença das árvores. No campo, estes fatores estão interligados, dificultando inferir precisamente como o componente arbóreo influenciou a cultura.

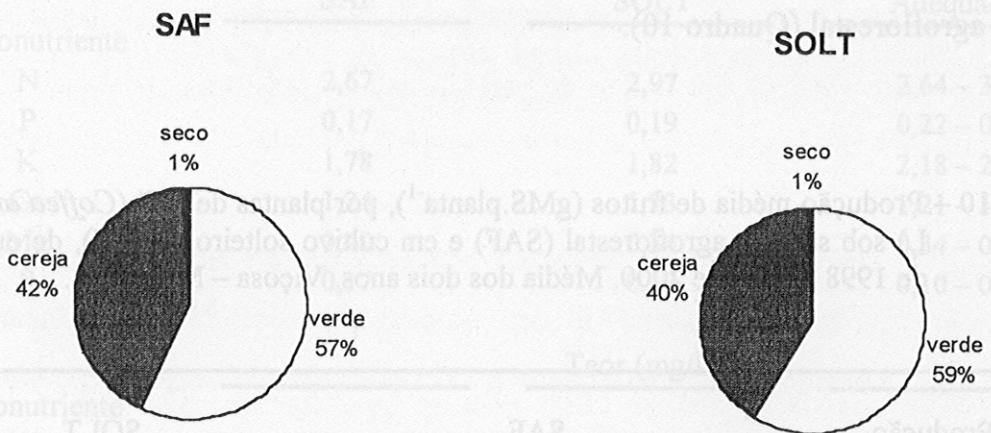


Figura 21 - Proporção média de frutos (%) nos diferentes estádios, por planta de *Coffea arabica* L., sob sistema agroflorestal (SAF) e em cultivo solteiro (SOLT). Média dos dois anos. Viçosa – MG, 2001.

Provavelmente, no SAF, houve competição por nutrientes entre as árvores e a lavoura cafeeira, uma vez que ambos os sistemas receberam adubação igualmente e apresentaram semelhante estado nutricional da lavoura, no entanto os cafeeiros do SAF cresceram e produziram menos frutos, sugerindo que parte dos nutrientes adicionados ao solo teriam sido utilizados pelas outras plantas existentes no sistema

agroflorestal. Por outro lado, o menor crescimento vegetativo e reprodutivo conduz à uma menor necessidade de nutrientes.

O reduzido crescimento e produção dos cafeeiros sombreados pode também ter sido influenciado pela baixa incidência de luz solar na lavoura, culminando em diminuição da fotossíntese e menor estoque de carbono nas plantas de café, afetando todo seu desenvolvimento. Mesmo que houvesse água e nutrientes suficientemente disponíveis no solo, o crescimento poderia ter sido limitado pela energia requerida para realização dos processos vitais na planta.

2.4. Discussão geral

Nas condições do presente experimento, o desempenho dos cafeeiros no SAF foi substancialmente reduzido pela presença do componente arbóreo, quando comparado com a lavoura a pleno sol. No entanto, foi uma condição específica de consórcio e região, que diferencia de outros relatos de cafeeiros sombreados descritos na literatura. Embora se argumente que as árvores afetaram negativamente o crescimento e a produção das plantas de café, parece não ser a presença das árvores em si, mas a escolha das espécies associada ao seu manejo, que provocaram este comportamento.

As diferenças entre um cafezal a plena exposição solar e um sob sombra regulada está, principalmente, em relação às condições do solo e a variação da radiação solar. Este último fator, a energia, tem um grau significativo na morfologia e fisiologia da planta, como foi relatado anteriormente. Potencialmente, o sistema agroflorestal oferece ao cafeeiro um ambiente mais próximo ao de uma floresta, onde ele evolutivamente se originou, com microclima e umidade mais favoráveis, proporcionando produções mais estáveis, além de proteger o solo contra a erosão e promover mais eficientemente a ciclagem de matéria orgânica e nutrientes. Entretanto, o sombreamento denso reduz a intensidade de luz que alcança a lavoura, podendo reduzir o nível de atividade fotossintética das folhas (AMOAHI et al., 1997), o que provavelmente aconteceu no SAF estudado.

Em campo, observou-se reduzida incidência direta de luz solar na lavoura do SAF. Ainda que não se tenha determinado o nível de sombreamento ou a incidência de luminosidade dentro da mesma, parece ter havido sombreamento excessivo dado pela densidade de árvores no SAF, o equivalente a cerca de 300 árvores por hectare, muitas delas com copa extensa, e pela localização do terreno (declividade e orientação), que recebia menos horas de insolação comparado com a lavoura a pleno sol. Na região onde o experimento foi instalado, a temperatura diurna ao longo do ano não é muito elevada, como acontece no Nordeste, sendo que o sombreamento, neste caso, pode não ter proporcionado um ambiente muito favorável ao café, causando a redução do crescimento vegetativo dos cafeeiros, que culminou com a reduzida produção de grãos. Tendo sido o mesmo fornecimento de nutrientes e água para os dois sistemas, ainda que o SAF tenha conservado mais água no solo mais profundo durante o período seco, pode-se supor que a produção no SAF tenha sido limitada em parte, pela radiação fotossinteticamente ativa (**RFA**), que afetou a produção de carboidratos e conseqüentemente o nível de reserva das plantas de café. ESTÍVARIZ e MUSCHLER (1997) também encontraram efeito negativo na produção de café em consórcio com árvores, provocado pela limitação da **RFA** que alcançava a lavoura.

No entanto, o SAF proporcionou aos cafeeiros estudados, crescimento vegetativo e reprodutivo mais estável ao longo dos anos, com menor desfolha, podendo este comportamento beneficiar tanto as plantas como o próprio agricultor. Para os cafeeiros, a estabilidade pode ser revertida em menor desgaste para a planta, uma vez que não se teria anos de alta carga de frutos na planta, intercaladas com anos de baixa produção. Para o produtor, ele se esquivava da bianualidade da produção, podendo obter renda mais estável, além da diversificação da renda com a exploração econômica das árvores presentes no sistema, pois todas as árvores presentes no sistema agroflorestal apresentaram crescimento.

Outras experiências mostraram aumento na produtividade total quando comparam produção de misturas agroflorestais com monoculturas (MacDICKEN e VERGARA, 1990; ALVES et al., 2000; MACEDO et al., 2000). O aumento na produtividade total se dá pela diversificação da produção e fornecimento de

produtos tais como lenha, madeira, frutos, flores para mel, produtos medicinais, alimento, adubo verde, entre outros, podendo aumentar a oportunidade de renda do produtor, tanto por esta diversificação quanto pela distribuição desta ao longo do ano, além de elevar o potencial para melhorar a nutrição da família. A diversidade de plantas nestes sistemas fornece um fator de segurança na qual uma cultura pode compensar a perda de outra em danos por pragas ou doenças ou por condições climáticas, reduzindo os riscos de perda completa da cultura (WANDELLI e SOUZA, 2000). Ainda, podem reduzir a pressão de uso da terra nos remanescentes florestais.

Além desses aspectos, a utilização de árvores pode ser um componente importante no equilíbrio ecológico da lavoura, proporcionando benefícios de grande importância mas de difícil valoração, entre os quais destacam a manutenção e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, proteção do solo contra erosão, aumento na diversidade de espécies, presença de controladores naturais de pragas, captura de carbono atmosférico, aumento da biomassa de raízes no sistema, que contribui para a ciclagem referida, para a estruturação e o aumento da infiltração de água no solo, e que conta ainda com possíveis associações microbianas capazes de aumentar a utilização de nutrientes, reduzindo sua lixiviação. Neste estudo, o componente arbóreo foi eficiente em promover a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, reduzir a erosão causada pela água das chuvas, armazenar maior quantidade de água no solo, e provavelmente, ter contribuído para a baixa infestação do bicho mineiro. Foi observado ainda, que o SAF foi mais hábil em reduzir o teor de alumínio no solo e manter um índice de saturação de bases (V%) melhor, comparado com a lavoura a pleno sol.

Do ponto de vista agrônomo, para PAVAN e CHAVES (1996), a sustentabilidade em lavouras cafeeiras pode ser alcançada com o uso de práticas conservacionistas de solo e água, uma vez que os processos de erosão, lixiviação, oxidação da matéria orgânica e acidificação no solo, reduzem a capacidade produtiva dos mesmos. Neste aspecto, os SAFs, em geral, são bastante eficientes. Ainda, segundo FOURNIER (1987), em ambientes com água e luz em abundância, mas sob solos com deficiências minerais, o sombreamento pode equilibrar esta

desproporção, uma vez que ao diminuir a luminosidade, diminui também a atividade da planta e se alcança um equilíbrio adequado entre o crescimento do café e a produção, refletindo no entanto, em diminuição da última, mas com conseqüente menor exportação de nutrientes pela colheita. Quando o café é cultivado a pleno sol, é necessário um plano de fertilização que compense a maior demanda de nutrientes exigida pelo café para aumentar sua produção.

Existe também um potencial para a diminuição das necessidades do uso de herbicidas e de capina, pois a quantidade de luz que penetra no sistema, pela sombra das árvores e pela camada de serrapilheira, diminui a incidência de plantas invasoras na cultura.

Uma das limitações apresentada pelo SAF é a competição pelos recursos (nutrientes, energia solar e umidade do solo), o que pode reduzir significativamente a produção da cultura (MacDICKEN e VERGARA, 1990). No presente estudo, com a mesma adubação nos dois sistemas, e com menor produção do SAF, deduz-se que as árvores presentes neste sistema utilizaram os nutrientes disponíveis, juntamente com o café, para seu crescimento e desenvolvimento, evidenciado pelo ganho em diâmetro (D). Ao invés de invocar a competição, registra-se a utilização de nutrientes evitando, desta forma, a perda dos mesmos pela lixiviação, erosão, volatilização, etc., sendo consideração pertinente para os nutrientes N e K.

Embora a presença das árvores em geral reduza a produção entre 10 a 20%, os cafeeiros em SAF são potencialmente capazes de produzirem frutos de maior tamanho e cafés mais suaves, de qualidade superior.

Quando se pretende planejar eficientes sistemas de uso da terra com uma combinação de plantas de interesse econômico e ecológico, seria ideal que se conhecesse as exigências e efeitos que cada uma das espécies desempenha dentro do sistema, principalmente quanto ao seu desenvolvimento, rendimentos e efeitos nos fluxos de água e nutrientes. Soma-se à isso os objetivos estabelecidos pelo produtor (produção de frutas, madeira, manejo do solo, entre outros). Todavia, sistemas com espécies adequadas, que promovam suficiente luminosidade na lavoura, podem gerar resultados satisfatórios. Um exemplo foi observado por PEREIRA et al. (2000), em SAF envolvendo café e seringueira, no Paraná. Estes

constituíram em fator positivo de ocupação e recuperação produtiva de extensas áreas por propiciar o aproveitamento dos fatores de produção como solo, energia solar, proteção microclimática, sem efeitos negativos sobre a produção do cafeeiro e ao crescimento vegetativo da seringueira, garantido a diversificação e estabilidade de renda ao longo do ano.

A exploração racional dos recursos naturais produtivos passou a ter maior destaque e importância nos últimos anos, em virtude da crescente preocupação com a preservação do meio ambiente. As contribuições ambientais das árvores nos diversos sistemas, tais como conservação da biodiversidade, a proteção dos mananciais hídricos e a fixação de carbono atmosférico, são fatores de extrema importância e se tornaram um dos objetivos principais das políticas ambientais a nível mundial.

Apesar da baixa produtividade da lavoura de café sob sombreamento, encontrada neste experimento, os SAFs vem sendo apontados como opção de uso agrícola das terras, principalmente em regiões tropicais, pelo elevado potencial que oferecem para aumentar a sustentabilidade no uso do solo, quanto aos aspectos agrônômicos, sociais, econômicos e ecológicos (MACEDO et al., 2000). O grande potencial dos SAFs está em estudar cada caso separadamente, pois há que se levar em consideração cada um dos aspectos mencionados, Principalmente em relação à potencialidade e a interação entre as espécies consorciadas.

Na esperança de que este estudo possa servir de referência para outros trabalhos científicos, algumas observações acerca da metodologia utilizada e novos rumos da pesquisa, devem ser tecidas.

Havia grande heterogeneidade na área do SAF, onde foi constatado que partes da lavoura cafeeira obtinha melhor desempenho vegetativo e reprodutivo quando associadas a certas espécies arbóreas. Desta forma, através do estudo estratificado da lavoura sombreada, com subsistemas dentro do sistema agroflorestal, no campo, poder-se-ia obter informações mais específicas sobre a relação do café com as árvores estudadas.

Além disso, a inclusão de novos dados, como a determinação da luminosidade que alcança a lavoura, o acompanhamento da decomposição do

material da serrapilheira, a avaliação da compactação do solo, a quantificação da erosão, muito contribuiriam para um melhor entendimento da dinâmica dos sistemas agroflorestais. Dados sobre produção das árvores, como frutos e madeira, embasariam conclusões econômicas sobre os SAFs. Experimentos que pudessem separar o efeito do sombreamento e dos nutrientes poderiam esclarecer os mecanismos que regem a interação e as necessidades das espécies envolvidas.

3. CONCLUSÕES

- ✓ Os cafeeiros sombreados mostraram menor crescimento de ramos e emissão de folhas que os cafeeiros a pleno sol, no entanto apresentaram menor desfolha e, em média, folhas de maior tamanho.
- ✓ Em ambos os sistemas, os cafeeiros cresceram de outubro a março (primavera/verão), período coincidente com as chuvas e as temperaturas mais elevadas na região. O declínio no crescimento foi observado no período de seca e baixas temperaturas (outono/inverno).
- ✓ Sob sombreamento, os cafeeiros iniciaram seu processo produtivo mais cedo, mas apresentaram menor número de nós produtivos e botões florais e menor quantidade de frutos.
- ✓ Além de apresentarem menor formação de flores, os cafeeiros em SAF mostraram, menor retenção de frutos na planta.
- ✓ Houve maior incidência de cercosporiose e ferrugem na lavoura sombreada, sendo que a infestação apresentou o mesmo comportamento nas duas áreas. O maior ataque da ferrugem se deu no período de maior enfolhamento do cafeeiro.
- ✓ A incidência do bicho-mineiro foi de mesma magnitude e a da broca-dos-frutos insignificante, para ambos os sistemas.

- ✓ As folhas de café dos dois sistemas apresentaram níveis adequados de N, Ca e Mg, baixos de P e K e alto de S. Os níveis de micronutrientes permaneceram dentro do faixa adequada, exceto para o B que alcançou valores elevados.
- ✓ O componente arbóreo do sistema agroflorestal, composto por 133 árvores de 26 espécies diferentes, apresentaram no total, crescimento em diâmetro de 301,8 cm. As espécies mais abundantes na área foram a casuarina, pitangueira, oiti, uva japonesa e mangueira.
- ✓ O sistema agroflorestal com café foi superior na produção mensal e acumulada de serrapilheira, contribuindo com cerca de $6,1 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de matéria seca ao sistema, comparado à monocultura, com cerca de $4,5 \times 10^3$ kg.ha⁻¹.ano⁻¹.
- ✓ A serrapilheira do café solteiro apresentou maior riqueza nutricional em relação à quantidade de macro e micronutrientes, exceto para o cálcio e zinco, que foram mais expressivos na serrapilheira do sistema agroflorestal.
- ✓ O sistema agroflorestal foi melhor armazenador de água no solo na camada mais profunda (20-40 cm), comparado com o cultivo a pleno sol. Na superfície (0-20 cm) não houve diferença significativa entre o teor de umidade do solo para os dois sistemas com café.
- ✓ Melhor condição de fertilidade do solo foi apresentada pelo horizonte mais superficial nos dois sistemas de cultivo de café. Os solos foram considerados ácidos, apresentando pH < 5.
- ✓ Os solos do cultivo solteiro de café mostraram teores mais elevados de MO e P, que os solos do SAF. Neste último, os valores de pH, Ca, Mg, K, Zn, V estiveram acima e os de Al e m estiveram abaixo daqueles apresentados pelo SOLT. A CTC a pH 7 se apresentou ligeiramente superior no solo sob SOLT.
- ✓ A produção média do café solteiro foi superior à do sistema agroflorestal, sendo, na média, equivalente a 8,6 e 40 sacas de 60 kg de café em coco, por hectare, para o SAF e SOLT respectivamente.

Capítulo 2

ANÁLISE DE CONJUNTOS DE CARACTERÍSTICAS COM POTENCIAL DE INTERFERÊNCIA NA PRODUÇÃO DE CAFÉ SOB SISTEMA AGROFLORESTAL EM VIÇOSA –MG.

1.INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas do Brasil, e seu produto tem destaque no mercado interno e externo. Minas gerais concentra cerca de 50% da produção brasileira de café arábica (CARETA et al., 2000), sendo fator importante na geração de empregos e fixação da mão-de-obra no meio rural. No entanto, pela histórica oscilação de preços no mercado, os riscos inerentes ao investimento nessa cultura, nos moldes tradicionais, vem aumentando. A situação é mais desfavorável para os pequenos e médios produtores de café, que, em geral, são descapitalizados.

No sul de Minas Gerais e na Zona da Mata, cerca de 60% dos produtores de café são pequenos e médios. Nesta região os agricultores enfrentam problemas de baixa produtividade das culturas agrícolas devido à degradação dos solos pela remoção da cobertura florestal original, que ocupava o relevo predominantemente montanhoso da região, dando lugar a uma agricultura que favoreceu o contínuo processo de desgaste e empobrecimento do solo, causado pela exportação de nutrientes pelas colheitas, diminuição da matéria orgânica, percolação e erosão (FRANCO, 2000).

Na busca de sistemas de produção que conservem a base física e a capacidade sustentadora do agroecossistema, os sistemas agroflorestais (SAF) aparecem como alternativa. A utilização do café em sistemas agroflorestais pode significar importante alternativa na redução dos riscos envolvidos com seu cultivo,

principalmente ao se considerar sua implantação nas pequenas propriedades. Sendo o café um planta originária de sub-bosque, isto vem a permitir o cultivo desse em consórcio com espécies arbóreas. Os SAFs possuem o potencial de regenerar o solo e prevenir sua degradação, principalmente pelo controle da erosão, reduzindo significativamente as perdas de solo, carbono orgânico e nutrientes (FRANCO, 2000). Protegem ainda os cafezais das condições adversas do ambiente, como ventos, geadas, altas temperaturas, podendo favorecer o crescimento e a produção das lavouras.

Soma-se a essa realidade, a crescente demanda do mercado por cafés especiais, que além de possuírem melhor qualidade, são produzidos em sistemas que causem menor dano ao meio ambiente (CAIXETA e TEIXEIRA, 1999). Estes sistemas produzem cafés de melhor qualidade que alcançam melhores preços de mercado. A combinação entre qualidade e preço, associada com a questão ambiental, fazem dos SAFs um nova perspectiva de uso da terra, pela sua adequação ao ideal de desenvolvimento sustentável.

Entretanto, há ainda que se pesquisar sobre este consórcio. Muitos estudos tem sido desenvolvidos visando compreender os efeitos do sombreamento em cafeeiros, mas o sistema é complexo, e envolve não somente o efeito do sombreamento formando um microclima, mas as condições de solo e do complexo biológico da área. Além disso, as árvores usadas para fornecer a sombra adicionam novos fatores, como a competição radicular, a queda de folhas, variações na qualidade da luz e mudança na incidência de pragas e doenças.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivos estabelecer correlações entre diversas variáveis e a produção dos cafeeiros sob sistemas agroflorestais e determinar a importância relativa dessas variáveis para a produção dos cafeeiros neste sistema, variáveis estas que foram características do solo (umidade e fertilidade), da serrapilheira (quantidade e qualidade) e dos cafeeiros (desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e estado nutricional da lavoura).

2.RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1.Análise de trilha

As análises de trilha foram feitas, com e sem presença de multicolinearidade, utilizando como variável principal a Produção total de grãos, submetidos à secagem, e os conjuntos de variáveis explicativas, para as plantas do sistema agroflorestal (SAF):

O conjunto de variáveis explicativas que mais se correlacionou com a produção no SAF foi o que agrupou as características vegetativas (CV), com o maior coeficiente de determinação (R^2) de 89,74% (Quadro 1).

A análise de solo também foi um fator de importância para se avaliar produção no SAF. Neste caso, o horizonte superficial do solo (0-20 cm) (CSa) esteve mais correlacionado com a variável principal, que o mais profundo (20-40 cm) (CSb), evidenciado pelo maior R^2 do primeiro (Quadro 1). Com efeito, o horizonte superficial do solo se apresentou com melhores padrões de fertilidade, e é neste ainda que se concentra a maior parte do sistema radicular do cafeeiro.

Os conjuntos que representam a quantidade e nutrientes da serrapilheira (Serra+Nutserra) e os nutrientes das folhas de café (Nutfolha) também apresentaram alto coeficiente de determinação, de 0,8214 e 0,7781 respectivamente, indicando que neste estudo, os nutrientes fornecidos pela serrapilheira, tanto em quantidade como em qualidade, assim como a avaliação do estado nutricional das plantas de

café, foram características relevantes para determinar diferenças na produção dos cafeeiros presentes no sistema agroflorestal.

Quadro 1 - Valores do Coeficiente de Determinação (R^2) e do Efeito da Variável Residual (Res) das Análises de Trilha, com e sem multicolinearidade, dos conjuntos de variáveis explicativas: Características Vegetativas (CV), Nutrientes das folhas de café (Nutfolha), Pragas e Doenças (PD), Queda de serrapilheira (Serra), Nutrientes da serrapilheira (Nutserra), Análise de rotina do solo na profundidade de 0-20 cm (CSa) e de 20-40 cm (CSb). Viçosa - MG, 2001.

	Análise de Trilha sem colinearidade		Análise de Trilha sob Multicolinearidade	
	R^2	Res	R^2	Res
CV	0,8974	0,3202		
CSa			0,8397	0,4002
Serra + Nulserra			0,8214	0,4226
Nutfolha			0,7781	0,4709
CSb			0,7009	0,5468
PD	0,3015	0,8357		

O conjunto de pragas e doenças (PD) esteve fracamente correlacionado com a produção, indicado pelo R^2 de apenas 30% (Quadro 1). O efeito da variável residual foi muito alto, sugerindo que outras variáveis que não aquelas especificadas nesta análise, interferiram substancialmente em relação à produção. As pragas e doenças mostraram-se pouco interferentes na produção de frutos não apresentando importância significativa em provocar alterações na produção dos cafeeiros no SAF.

Os resultados sugerem que, assim como encontrado por outros autores, o conhecimento tanto do estado nutricional da lavoura, como das condições de solo onde a mesma está implantada, constituem-se em fatores necessários para se prever sobre produção da cultura de café.

Embora semelhante ao quadro anterior, o Quadro 2 difere do primeiro pela exclusão da multicolinearidade na Análise de Trilha. Dentro de cada conjunto, foi eliminada, uma ou mais variáveis que apresentaram colinearidade com as demais.

Quadro 2 - Valores para Coeficiente de Determinação (R^2) e Efeito da Variável Residual (Res) das Análises de Trilha, dos conjuntos de variáveis: Serra+Nutserra₁ = Queda e Nutrientes da serrapilheira, exceto P e Cu; CV = Características Vegetativas; Nutfolha₁ = Nutrientes das folhas de café, exceto K e S; CSa₁ = Análise de solo de 0-20 cm, exceto Mg e V, e CSb₁ = Análise de solo de 20-40 cm, exceto Ca, V e Cu. Viçosa - MG, 2001.

	Análise de Trilha	
	R^2	Res
Serra + Nutserra ₁	0,9844	0,1247
CV	0,8974	0,3202
CSa ₁	0,8845	0,3398
Nutfolha ₁	0,8262	0,4168
CSb ₁	0,7764	0,4727
PD	0,3015	0,8357

Os resultados desta nova Análise de Trilha mostram que com a retirada das variáveis problemáticas, todos os grupos elevaram seu coeficiente de determinação (R^2) e diminuíram o efeito residual, destacando o conjunto Serra+Nutserra que passou a apresentar seu R^2 bem maior que o apresentado no Quadro 1, evidenciando sua importância sobre a produção neste sistema. Provavelmente, em sistemas sob competição de seus componentes, a ciclagem de nutrientes ou a possibilidade de desvio do fluxo de nutrientes de um componente para o outro, no caso das árvores para o café, representado pela serrapilheira, apresenta-se muito importante, no que diz respeito a garantir a capacidade produtiva do sistema como um todo.

2.1.1. Efeito das características vegetativas (CV) sobre a Produção total de grãos de café, no Sistema Agroflorestal

Os efeitos diretos e indiretos das características vegetativas são mostrados no Quadro 3. Os efeitos diretos são apresentados na diagonal (sublinhados) enquanto que os efeitos indiretos são lidos na horizontal. O efeito total da variável

independente sobre a principal, dado pelo coeficiente de correlação, está definido na última coluna.

A variável número mínimo de folhas (Folmin) apresentou alta correlação com a produção de café no SAF (coeficiente de correlação significativo), sugerindo que acréscimos no número mínimo de folhas provocaria incremento na produção de café.

Sabe-se que o número de folhas é determinante de rendimento na produção de café e, ao longo do ano, observou-se que os cafeeiros sombreados se mantiveram pouco enfolhados. Como verificado pela análise, o enfolhamento influenciou a produtividade neste sistema, pois é por meio das folhas que se produz energia para todos os processos de crescimento e desenvolvimento da planta. Aumentar a área de folhas adequadamente iluminada por unidade de área cultivada, é uma das maneiras de elevar a produção do café.

Quadro 3 – Desdobramentos das Correlações em Efeitos diretos e Indiretos, entre características vegetativas (CV) e **Produção**. Viçosa - MG, 2001.

VAR	Nos	tan	Folmax	folmin	Afmax	Afmin	Total'
Nos	<u>-0.1707</u>	-0.5513	0.5641	0.2178	-0.0228	-0.0390	0.0179
Tam	-0.1271	<u>-0.7136</u>	0.4349	0.1828	-0.0273	-0.0030	-0.2534
Folmax	-0.1301	-0.4194	<u>0.7100</u>	0.3353	-0.0186	-0.0415	0.4656
Folmin	-0.0668	-0.2344	0.2412	<u>0.7100</u>		-0.0339	0.6760**
Afmax	-0.0701	-0.3500	0.2412		<u>-0.0556</u>	-0.0614	-0.0377
Afmin	-0.0543	-0.0178	0.2503	0.1538	-0.0278	<u>-0.1227</u>	0.1814

Coeficiente de Determinação: **0,8974**

Efeito da variável residual: 0,3202

¹ Coeficiente de Correlação

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

De acordo com RENA e MAESTRI (1986), o desenvolvimento normal do botão floral, a antese e o desenvolvimento do fruto dependem grandemente do número médios de folhas por nó, do número total de folhas presente em cada ramo e do teor de amido do lenho. Por **isso** muitos nós sem folha não florescem, apesar de

possuírem gemas diferenciadas. Essas observações sugeriram a importância dos assimilados no desenvolvimento do botão floral, sendo que a fotossíntese corrente foi mais importante do que qualquer outra fonte de assimilados para o crescimento da flor e fruto. Manter um vigoroso desenvolvimento vegetativo e reduzida desfolha das plantas são fatores para a obtenção de produções satisfatórias.

O número máximo de folhas (Folmax) e o comprimento do ramo (Tam) não estiveram significativamente correlacionados com a produção, no entanto, pelo alto efeito direto apresentado por ambos, podem ser considerados variáveis potencialmente importantes no processo produtivo. O crescimento da parte aérea proporciona o crescimento de ramos em cujos nós se desenvolverão os botões florais que determinarão a produção do ano seguinte. O número de nós disponíveis para o florescimento é um dos mais importantes fatores da produção (CANNELL, 1976).

2.1.2. *Efeito da quantidade (Serra) e do teor de nutrientes (Nutserra) da serrapilheira sobre a Produção total de grãos de café no Sistema Agroflorestal*

Os efeitos diretos e indiretos da quantidade e do teor de nutrientes da serrapilheira são mostrados no Quadro 4. Os efeitos diretos são apresentados na diagonal (sublinhados) enquanto que os efeitos indiretos são lidos na horizontal. O efeito total da variável independente sobre a principal, dado pelo coeficiente de correlação, está definido no final do quadro.

Neste conjunto, a maior parte dos nutrientes avaliados, exceto o manganês (Mn), apresentou correlação não significativa com a produção, indicando que o grupo da quantidade e teor de nutrientes da serrapilheira engloba características que em conjunto, foram capazes de interferir na produção, no entanto, cada nutriente isolado, não foi efetivo em promover mudanças na mesma (Quadro 4). Os resultados demonstraram que serrapilheiras com maiores teores de manganês (Mn) interferiram negativamente na produção dos frutos de café.

Quadro 4 - Desdobramentos das Correlações em Efeitos diretos e Indiretos, entre quantidade e teor de nutrientes da serrapilheira (Serra+Nutserra) e Produção. Viçosa - MG, 2001.

VAR	Serra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Total'
Serra	<u>0,7479</u>	-0,2213	-0,0297	0,0214	6,0379	6,1517	6,3240	-0,2885	0,3089	-0,1344	0,0403	0,2884	0,2513
N	-0,4149	<u>0,3989</u>	0,0539	-0,0565	0,0694	-0,0649	0,1717	0,1830	-0,1881	0,0194	-0,0063	0,0681	0,2507
P	-0,2460	0,2381	<u>0,0903</u>	-0,0920	0,0625	0,0175	0,4212	0,1754	-0,5229	-0,0033	-0,1261	0,0113	0,0300
K	-0,0966	0,1358	0,0501	<u>-0,1660</u>	0,0103	0,3676	0,1642	0,0846	-0,3537	-0,1076	0,0627	0,0155	0,1601
Ca	0,1789	-0,1746	-0,0356	0,0108	<u>-0,1585</u>	0,3456	-0,1239	-0,0075	0,0583	-0,0035	-0,0829	-0,2886	-0,2885
Mg	-0,1641	-0,0374	0,0022	6,0882	-0,0792	<u>0,6914</u>	0,1179	0,0740	-0,2275	-0,0420	-0,0766	-0,2821	-0,0823
S	-0,3879	0,1096	0,0609	-0,0436	0,0314	0,1305	<u>0,6247</u>	0,1808	-0,5475	0,0787	6,1540	-0,3265	-0,2163
B	-0,5633	0,1906	0,0413	-0,0367	0,0031	0,1337	0,2949	<u>-0,3830</u>	-0,3539	0,1707	6,1118	-0,2606	-0,0925
Cu	-0,3620	0,1175	0,0739	-0,0920	0,0144	0,2464	0,5359	0,2124	-0,6383	0,0518	-0,1711	6,2861	-0,3240
Fe	-0,3237	0,0249	-0,0009	0,0575	0,0018	-0,0935	0,1583	0,2105	-0,1066	<u>0,3105</u>	-0,1113	-0,1721	-0,0313
Zn	-0,0779	0,0065	0,0294	0,0269	-0,0340	0,1368	0,2486	0,1106	-0,2822	0,0892	<u>-0,3871</u>	-0,2581	-0,4075
Mn	-0,3637	-0,0458	-0,0017	0,0043	-0,0771	0,3289	0,3439	0,1683	6,3079	0,0901	-0,1684	<u>-0,5931</u>	-0,6475"

Coefficiente de Determinação: 0,8214

Efeito da Variável Residual: 0,4226

1. Coeficiente de Correlação

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Os nutrientes contidos no material da serrapilheira são liberados no solo e absorvidos pelas plantas, após a decomposição da mesma. O excesso de manganês pode diminuir o crescimento e baixar a produção do cafeeiro pelo seu efeito antagonico na absorção de zinco. MALAVOLTA (1986) descreveu relação inversa entre o teor de Mn e produtividade. Serrapilheiras com alto teor de Mn foram potencialmente interferentes na produção de café, no entanto foi observado que a lavoura cafeeira sob SAF apresentou conteúdo de Mn em suas folhas dentro da faixa adequada (297,35 mg/kg), no entanto, próximo do limite máximo aceitável, sugerindo que um provável excesso de Mn no solo pode ter sido prejudicial ao café.

Os elementos minerais magnésio (Mg), cobre (Cu), enxofre (S) e a quantidade de serrapilheira (serra) apresentaram potencial de interferência na produção, pelo seu elevado efeito direto, porém não estiveram correlacionadas significativamente com a mesma.

2.1.3. Efeito do Teor de Nutrientes das folhas (Nutfolha) sobre a Produção total de grãos de café no Sistema Agroflorestal

Neste item procurou-se estudar a relação dos nutrientes com a produção de café, considerando o nível atual de cada nutriente, encontrado pela análise foliar. Neste caso não se procurou constatar deficiências e excessos para a cultura, o que foi feito no capítulo 1.

O Quadro 5 apresenta os efeitos diretos e indiretos do conjunto das variáveis relacionadas ao teor de nutrientes nas folhas de café. Os efeitos diretos são apresentados na diagonal (sublinhados) enquanto que os efeitos indiretos são lidos na horizontal. O efeito total da variável independente sobre a principal, dado pelo coeficiente de correlação se encontra na última coluna do quadro.

A produção foi correlacionada satisfatoriamente com o estado nutricional da lavoura, no entanto, quando analisados isoladamente, a maioria dos nutrientes não mostrou exercer efeito significativo sobre a mesma (Quadro 5), exceto o zinco e cobre. Os resultados sugerem que plantas de café com menor conteúdo de cobre ou maior teor de zinco nas folhas foram, potencialmente, as mais produtivas. Com efeito, o zinco é um elemento mineral crítico para o cafeeiro e sua falta culmina em deformação no crescimento vegetativo da planta, o que compromete a produção.

O cobre, embora apresentando efeito direto muito baixo, apresentou efeito indireto via os demais nutrientes, permitindo que se valorizasse. A análise indica que incremento apenas nesta variável desfavorece a produção de café. O cobre em excesso pode causar queda de folhas e reduzir a absorção de zinco (MALAVOLTA, 1986).

Outros elementos minerais analisados, embora fracamente correlacionados com a variável principal, exibiram efeito direto maior que o efeito residual, indicando que são potencialmente importantes na avaliação do processo. A influência dos demais nutrientes do conjunto modificou o potencial efeito negativo do manganês (Mn) e cálcio (Ca) na produção, tornando-os, neste caso, inexpressivos. Relatos mostram existir relação inversa entre teor de Mn e

produtividade (MALAVOLTA et al., 1982), à semelhança do resultado obtido para o Mn contido na serrapilheira (item anterior).

Os resultados sugerem que, nas condições do presente trabalho, houve maior possibilidade de aumento de produção de frutos em cafeeiros sombreados que apresentassem menor teor de cobre ou maior teor de zinco nas folhas, ainda que a atuação dos nutrientes se desse mais satisfatoriamente em conjunto.

Quadro 5 – Desdobramentos das Correlações em Efeitos diretos e indiretos, entre os teores de nutrientes na folha de café (Nutfolha) e produção de grãos secos por planta de café. Viçosa - MG, 2001.

VAR	N	P	K	C	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Total ¹
N	<u>0,2344</u>	0,0842	-0,1372	0,2381	0,0366	-0,0457	0,1099	-0,0116	-0,0056	0,0135	-0,4885	0,0392	
P	0,0578	<u>0,3416</u>	-0,1208	0,1239	0,0749	-0,0886	0,0776	-0,0174	-0,0024	-0,0433	-0,5901	-0,1708	
K	0,1638	0,2103	<u>-0,1962</u>	0,3111	0,1179	-0,0898	0,0749	-0,0115	-0,0025	0,0039	-0,4678	0,1051	
Ca	-0,1073	-0,0814	0,1174	<u>-0,5201</u>	-0,1201	-0,0190	-0,0902	-0,0085	-0,0023	-0,0273	0,3594	-0,5240	
Mg	-0,0440	-0,1310	0,1185	-0,3199	<u>-0,1952</u>	0,0600	-0,0866	-0,0028	-0,0068	-0,0416	0,2607	-0,3981	
S	0,0691	0,1953	-0,1136	-0,0639	0,0755	<u>-0,1550</u>	0,0809	-0,0249	-0,0015	0,0043	-0,3139	-0,2550	
B	-0,1150	-0,1184	0,0656	-0,2095	-0,0754	0,0560	<u>-0,2240</u>	0,0149	0,0017	-0,0018	0,5650	-0,0514	
Cu	0,0779	0,1693	-0,0645	-0,1261	-0,0160	-0,1101	0,0953	<u>-0,0351</u>	-0,0059	-0,0443	-0,5207	-0,5821*	
Fe	-0,0650	-0,0409	0,0242	0,0593	0,0654	0,0114	-0,0187	0,0102	<u>0,0203</u>	0,0260	0,0183	0,1115	
Zn	0,0191	-0,0889	-0,0046	0,0854	0,0488	-0,0040	0,0024	0,093	0,0031	<u>0,1664</u>	0,2899	0,5349*	
Mn	0,1303	0,2295	-0,1045	0,2128	0,0579	-0,0554	0,1440	-0,0208	-0,0004	-0,0549	<u>-0,8784</u>	-0,3810	

Coefficiente de Determinação: 0,7713¹

Efeito da Variável Residual: 0,4701⁹

1. Coeficiente de Correlação

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

2.1.4. Efeito das características de solo nas profundidades de 0-20 cm (CSa) e 20-40 cm (CSb), sobre a Produção total de grãos de café no Sistema Agroflorestal

Os efeitos diretos e indiretos das características da análise de rotina de solo são apresentados nos Quadro 6 e 7, para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm no solo, respectivamente. Os efeitos diretos são apresentados na diagonal (sublinhados) enquanto que os efeitos indiretos são lidos na horizontal. O efeito

total da variável independente sobre a principal, dado pelo coeficiente de correlação se encontra na última coluna do quadro.

Para a profundidade de 0-20 cm, o teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e saturação de bases (V) se mostraram correlacionados significativa e positivamente com a produção (Quadro 6). O Mg e o K apresentaram os maiores coeficientes de correlação, confirmando sua importância pelo elevado efeito direto.

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro, tanto para o crescimento vegetativo quanto para a frutificação. Há estreita relação entre o conteúdo de K e o conteúdo de amido nas folhas (MALAVOLTA, et al., 1982). Com efeito, a lavoura cafeeira sob sombreamento apresentou níveis de K nas folhas (1,78 dag/kg) e no solo (58,60 mg/dm³) abaixo da faixa adequada, o que concorda com os resultados de que aumento no conteúdo de K no solo favoreceria a produção de frutos nos cafeeiros sob SAF.

O magnésio, embora requerido em menor quantidade que o K pelo cafeeiro, também é importante para o metabolismo da planta. Sua deficiência pode acarretar perda de folhas e enfraquecimento, ficando mais exposta ao ataque de doenças e distúrbios fisiológicos, prejudicando a produção. Os resultados sugerem que solos com maiores teores de Mg promoveram plantas mais produtivas.

O teor de cálcio e V mostraram efeito direto de baixa magnitude e de sentido contrário ao coeficiente de correlação, indicando que estas variáveis são fortemente influenciadas por outras deste conjunto. Para ambos, o teor de Mg mostrou ser o fator mais influente em contribuir com o efeito positivo da correlação, e o pH o que mais contribuiu negativamente (Quadro 6). Destaca-se aqui o elevado efeito direto apresentado pelo pH, embora sem correlação significativa, enfatizando sua importância no processo. Estes resultados estão de acordo com relatos que mostram que existe relação direta entre cálcio do solo e pH, sendo o Ca a base predominante do complexo coloidal do solo responsável pelo aumento no pH. Correlação entre produtividade do cafeeiro e cálcio no solo foi encontrada por outros autores (GUIMARÃES e LOPES, 1986; MALAVOLTA, 1986).

Da mesma forma, os resultados sugerem que aumento na produção pode ser alcançado com elevação do valor de saturação de bases (V), uma vez que o solo sob

SAF mostrou valores de V muito abaixo da faixa considerada adequada para o cafeeiro.

Quadro 6 – Desdobramentos das Correlações em Efeitos diretos e Indiretos, entre características do solo na profundidade de 0-20 cm (CSa) e Produção. Viçosa - MG, 2001.

VAR	Umi	pH	Al	Ca	Mg	K	P	CTC	V	MO	Zn	Cu	Total ¹
Umi	<u>-0,0664</u>	-0,0544	-0,0580	-0,0001	0,0330	0,1410	0,0102	0,0197	-0,0018	0,0561	0,0163	-0,0034	0,0890
pH	-0,0078	<u>-0,4603</u>	0,0468	-0,0194	0,2886	0,1645	0,0166	0,0985	-0,0455	0,0118	0,0841	0,0280	0,1845
Al	-0,0229	0,1283	<u>-0,1681</u>	0,0121	-0,2717	-0,2606	0,0851	0,0405	0,0440	0,0208	0,0416	0,0072	-0,3513
Ca	-0,0003	-0,2834	0,0647	<u>-0,0315</u>	0,3780	0,1447	0,0082	0,2507	-0,0602	-0,0219	0,0642	0,0603	0,5720*
Mg	-0,0050	-0,3061	0,1052	-0,0274	<u>0,4339</u>	0,3182	-0,0245	0,1570	-0,0656	-0,0182	0,0495	0,0415	0,6789**
K	-0,0140	-0,1139	0,0659	-0,0068	0,2078	<u>0,6646</u>	-0,0553	-0,0492	-0,0341	-0,0031	-0,0374	0,0021	0,6575*
P	0,0033	0,0372	0,0697	0,0012	0,0518	0,1789	<u>-0,2054</u>	-0,0695	-0,0076	-0,0050	-0,0210	-0,0161	0,0076
CTC	-0,0035	-0,1237	-0,0186	-0,0215	0,1859	-0,0893	0,0389	<u>0,3665</u>	-0,0154	-0,0406	0,0841	0,0785	0,4584
V	-0,0017	-0,2954	0,1044	-0,0268	0,4011	0,3194	-0,0222	0,0799	<u>-0,0709</u>	-0,0027	0,0302	0,0274	0,5393*
MO	0,0335	0,0490	0,0315	-0,0062	0,0713	0,0186	-0,0093	0,1339	-0,0017	<u>-0,1112</u>	0,0008	0,0388	0,2437
Zn	-0,0066	-0,2362	-0,0427	-0,0123	0,1312	-0,1518	0,0263	0,1880	-0,0131	-0,0005	<u>0,1639</u>	0,0316	0,0855
Cu	-0,0025	0,1465	0,0137	0,0216	-0,2046	-0,0161	-0,0376	-0,3267	0,0220	0,0490	-0,0589	<u>-0,0881</u>	-0,4860

Coefficiente de Determinação: 0,8397

Efeito da Variável Residual: 0,4002

1. Coeficiente de Correlação

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

A análise de trilha para a profundidade de 20-40 cm no solo, sugere que este grupo de características foi satisfatoriamente relacionado com a produção (alto coeficiente de determinação). No entanto, mostrou que cada variável isolada esteve fracamente correlacionada com a produção, uma vez que nenhuma delas registrou coeficiente de correlação significativo (Quadro 7), sendo que suas características devem ser analisadas apenas em conjunto.

Apesar da ausência de correlação significativa, o teor de P e Al mostraram-se potencialmente importantes pelo seu efeito direto maior que o efeito residual.

Quadro 7 – Desdobramentos das Correlações em Efeitos diretos e Indiretos, entre características do solo na profundidade de 20-40 cm (CSb) e Produção. Viçosa - MG, 2001.

VAR	Umi	pH	Al	Ca	Mg	K	P	CTC	V	MO	Zn	Cu	Total ¹
Umi	<u>-0,0495</u>	-0,1348	<u>0,0825</u>	0,1479	6,0313	0,0920	0,3177	0,0029	0,0009	0,0226	-0,0914	0,0157	0,3729
pH	0,0123	<u>0,5390</u>	-0,3836	-0,3000	0,0656	0,0389	0,1683	6,0172	6,0014	6,0588	0,1093	6,0216	0,1784
Al	-0,0074	-0,3758	<u>0,5501</u>	0,2962	6,0797	6,0699	-0,0396	0,0077	0,0017	0,0415	6,0601	0,0060	0,2989
Ca	0,0181	0,4011	-0,4043	<u>-0,4031</u>	0,0733	-0,0486	0,2885	-0,0256	-0,0016	6,1058	0,0822	6,0339	-0,1803
Mg	0,0144	0,3299	-0,4090	-0,2759	<u>0,1072</u>	6,0234	0,0714	6,0133	6,0014	-0,0521	0,0370	4,0030	-0,2128
K	-0,0151	0,0697	-0,1279	0,0651	6,0083	<u>0,3007</u>	6,1748	0,0065	0,0000	0,0282	4,0165	0,0163	0,1592
P	0,0217	-0,1255	0,0302	0,169	6,0106	0,0727	<u>-0,7227</u>	0,0256	-0,0000	0,0629	0,0117	0,0340	-0,4757
CTC	0,0037	0,2334	-0,1075	6,2599	0,0360	-0,0495	0,4667	<u>-0,0397</u>	-0,0001	6,1145	0,0702	6,0476	0,1890
V	0,0212	0,3815	-0,4225	6,3199	0,0740	6,0088	-0,0025	-0,0033	<u>-0,0021</u>	6,0424	0,0410	6,0065	-0,3206
MO	0,0061	0,1741	-0,1255	6,2344	0,0307	6,0467	0,2498	-0,0250	-0,0004	<u>-0,1820</u>	0,1310	-0,0212	-0,0526
Zn	0,0181	0,2358	-0,1323	4,1327	0,0158	-0,0200	6,0340	-0,0111	-0,0003	6,0954	<u>0,2499</u>	-0,0123	0,0940
Cu	-0,0132	-0,1980	0,0567	0,2332	6,0054	0,0831	-0,4175	0,0321	0,0002	0,0654	6,0522	<u>0,0589</u>	-0,1546

Coefficiente de Determinação: **0,7009**

Efeito da Variável Residual: **0,5468**

1. Coeficiente de Correlação

2.2. Correlações canônicas

As correlações canônicas informam sobre o grau de associação entre dois grupos de variáveis independentes. Neste experimento, utilizou-se a correlação canônica para avaliar a correlação entre os mesmos grupos de variáveis independentes anteriormente definidos na análise de trilha. As variáveis explicativas ausentes foram eliminadas por apresentarem correlação com as demais dentro do mesmo grupo.

O número de pares canônicos formados é igual ao número de variáveis que compõem o menor dos dois grupos analisados. Como foram analisados diversas combinações entre grupos, e ainda existindo grupos com número grande de variáveis, os resultados mostram somente os pares canônicos significativos da análise de correlação entre os grupos. Pares canônicos não significativos implicam em ausência de correlação entre as variáveis de cada grupo (CRUZ e REGAZZI, 1993).

2.2.1. *Entre Características vegetativas e Teor de nutrientes das folhas do café*

Houve correlação significativa entre os dois grupos de variáveis, mostrando que o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foi influenciado pelo estado nutricional da planta, e vice-versa (Quadro 8). Desta análise, somente os dois primeiros pares canônicos foram significativos. Sendo o segundo par canônico o que apresentou maior significância, foi este que melhor definiu as correlações entre os dois grupos de variáveis.

Pela análise das cargas no primeiro par canônico, observou-se que o número de nós e o número mínimo de folhas por ramo foram as características mais correlacionadas com o teor de nutrientes na folha. Pode-se dizer que, assim como o número de folhas dos cafeeiros sombreados foi importante para o status nutricional da planta, a principal característica de crescimento que foi afetada por esta mesma condição nutricional foi o número de folhas da planta, ou seja, o processo acontece nos dois sentidos. Uma maior quantidade de folhas pode possibilitar à planta maior transpiração e com isso um aumento na absorção de água e nutrientes, neste caso, podendo alterar o conteúdo de nutrientes em seus tecidos. Da mesma forma, uma maior disponibilidade de nutrientes pode fornecer à planta matéria-prima em quantidade para seu crescimento e desenvolvimento, com conseqüente emissão de novas folhas e ramos. O status nutricional da planta parece ter efeito sobre a formação ou retenção das folhas nas plantas de café.

No conjunto de nutrientes da folha, os elementos zinco, ferro, cobre e o nitrogênio e fósforo tenderam a influenciar positivamente e o manganês e o boro, negativamente, o crescimento do café, sugerindo que plantas com maior teor de Zn, Fe, Cu, N ou P e menor teor de Mn e B nas folhas tenderam a apresentar maior crescimento vegetativo.

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pelo cafeeiro, para o crescimento de partes vegetativas e para a produção de frutos. Está relacionado com o número de folhas e aumento da área foliar, assim como aumento da fotossíntese e de compostos fundamentais, como proteínas, ácidos nucleicos e constituintes de membrana (RENA e MAESTRI, 1986). Os micronutrientes, embora requeridos em

quantidades muito menores, são da mesma forma importantes. O zinco influencia o crescimento da parte aérea e é um dos elementos críticos para o desempenho da lavoura.

Quadro 8 – Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Características vegetativas (número de nós, tamanho, número máximo e mínimo de folhas, área foliar máxima e mínima) e Teor de nutrientes das folhas (N, P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, Mn) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos	
	1 ^o	2 ^o
Nós	0,4773	0,4088
Tamanho	0,1252	0,1602
Máximo de folhas	0,1336	-0,0519
Mínimo de folhas	-0,4904	0,4287
Área foliar máxima	0,0966	-0,1285
Área foliar mínima	-0,0625	0,2982

N	0,2405	0,2942
P	0,0360	0,2864
Ca	-0,0047	-0,1990
Mg	-0,0300	-0,0896
B	-0,0382	-0,7820
Cu	0,1950	0,6332
Fe	0,3316	-0,3290
Zn	0,3363	0,1498
Mn	-0,4285	-0,4482

Coeficiente de correlação	1,0017	0,9998
Significância ¹	2,1382	0,2495

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

2.2.2. *Entre Características vegetativas e Características do solo na profundidade de 0-20 cm*

A análise das correlações canônicas entre estes grupos forneceu três pares canônicos significativos (Quadro 9), evidenciando que o crescimento vegetativo do café esteve ligado ao estado de fertilidade e umidade do solo mais superficial.

Pelo primeiro par, observou-se que novamente o número mínimo de folhas foi a variável mais correlacionada com o solo, sugerindo que as condições do solo influenciaram principalmente esta característica vegetativa. Analogamente, aumento nos teores de potássio (K) e fósforo (P) tenderam a favorecer o crescimento vegetativo do café, enquanto que a redução do pH tendeu a deprimi-lo.

O K é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro. Está associado a diversas funções metabólicas dentro da planta, incluindo fotossíntese, respiração e transporte de assimilados (MALAVOLTA et al., 1989). Está também relacionado com o conteúdo de amido nos tecidos. Com a redução do nível de K nos tecidos, a produção de amido diminui e conseqüentemente reduzem-se o desenvolvimento da planta e o aparecimento de novos ramos e folhas (MALAVOLTA, 1986). De fato, o teor médio de K apresentado pela análise foliar (1,78 dag/kg) mostrou-se inferior ao teor considerado adequado para o cafeeiro (RIBEIRO et al., 1999). TESHAI e KUMAR (1979) encontraram aumento da área foliar de plantas de café com aumentos do nível de potássio nos solos.

O fósforo, embora pouco exigido pelo cafeeiro em comparação com os nutrientes N e K, é também importante para a manutenção dos processos vitais no café, pois tem sua função nas enzimas e proteínas e é responsável pela transferência de energia na planta.

Em relação ao pH, o resultado também foi coerente, uma vez que os solos do SAF, apresentando pH 5, indicaram acidez elevada. Em pH abaixo de 5,5 podem ocorrer excesso de Al e baixo teor de Ca e Mg, além da menor presença de microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Valores de acidez média dos solos, pH entre 5,1 – 6,0, em geral, é o mais apropriado para a cultura do café, no que diz respeito principalmente ao crescimento de raízes.

Quadro 9 - Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Características vegetativas (número de nós, tamanho, número máximo e mínimo de folhas, área foliar máxima e mínima) e Características do solo de 0-20 cm de profundidade (teor de umidade, pH, Al, Ca, K, P, CTC, matéria orgânica-MO, Zn, Cu) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos		
	1 ^o	2 ^o	3 ^o
Nós	0,3090	0,7457	0,2772
Tamanho	0,1614	0,5693	- 0,3668
Máximo de folhas	0,1335	0,9858	- 0,0421
Mínimo de folhas	0,7627	0,4991	- 0,2862
Área foliar máxima	- 0,1502	0,3218	- 0,0863
Área foliar mínima	0,3171	0,3199	0,2571

Umidade	- 0,0436	0,1457	0,6895
pH	- 0,5409	0,1051	- 0,3076
Al	0,0350	0,1991	0,2338
Ca	- 0,2666	0,0189	- 0,1214
K	0,2612	0,3710	- 0,1978
P	0,1875	- 0,2556	0,0164
CTC	- 0,2013	0,2983	0,2369
MO	- 0,1095	0,2625	- 0,0616
Zn	0,0085	0,0062	- 0,0040
Cu	0,2703	- 0,5595	0,0039

Coeficiente de correlação	1,0002	1,0000	0,9999
Significância ¹	0,2204	8,3609	7,0389

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

O segundo par canônico enfatizou a importância, neste experimento, que o potássio obteve no crescimento vegetativo dos cafeeiros sombreados. Além dele, destacou-se também o teor de cobre da camada mais superficial do solo. No outro grupo, a carga mais alta foi atribuída ao número máximo de folhas, reforçando a idéia de que o número de folhas foi uma característica afetada pela condição geral

do solo na qual a cultura está implantada. O número de nós também foi afetado pela condição do solo desta camada, mostrando que assim como o número de folhas, a emissão de nós também está ligada à fertilidade do solo, sendo, para estas características, o elemento potássio mais determinante. Aumento no teor de potássio potencialmente favoreceria a emissão de folhas e nós em ramos de plantas de café.

O último par canônico significativo mostra que o teor de umidade na camada de 0-20 cm de profundidade se relacionou com as características vegetativas, sendo que solos com maior teor de umidade tenderam a favorecer o crescimento das plantas de café. O status de umidade no solo, por si só, influencia o crescimento das plantas; uma vez que a reposição de água transpirada pela copa é vital para a manutenção da turgescência dos ramos, frutos e folhas, permitindo que ocorram normalmente os vários processos metabólicos relacionados direta e indiretamente com o crescimento e o desenvolvimento das plantas, além de possibilitar a absorção e translocação dos minerais (RENA e MAESTRI, 1986). É ainda descrito que ocorre redução da fotossíntese por efeito de baixos potenciais hídricos em folhas de café, devido ao fechamento dos estômatos e diminuição da atividade enzimática, entre outros (FOURNIER, 1987).

Os resultados apontam que o crescimento vegetativo, neste caso, sofreu influência do teor de umidade e das condições de fertilidade do solo mais superficial.

2.2.3. Entre Características vegetativas e Características do solo na profundidade de 20-40 cm

A presença de correlação significativa em dois pares canônicos mostrou que as características vegetativas e reprodutivas e as características do solo na profundidade de 20-40 cm são interdependentes (Quadro 10).

Quadro 10 - Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Características vegetativas (número de nós, tamanho, número máximo e mínimo de folhas, área foliar máxima e mínima) e Características do solo de 20-40 cm de profundidade (teor de umidade, pH, Al, Mg, K, P, CTC, matéria orgânica-MO, Zn) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos	
	1º	2º
Nós	0,0873	- 0,2891
Tamanho	0,4724	- 0,4949
Máximo de folhas	0,0926	0,2038
Mínimo de folhas	0,321 1	0,3382
Área foliar máxima	0,0658	- 0,6093
Área foliar mínima	0,5281	- 0,2542

Umidade	- 0,3702	0,2362
pH	- 0,3381	0,1556
Al	0,2585	0,5250
Mg	- 0,0858	- 0,3301
K	- 0,0570	0,1103
P	0,4293	- 0,2799
CTC	- 0,3779	0,1289
MO	0,0354	- 0,0858
Zn	0,445 1	0,1154

Coefficiente de correlação	1,0002	0,9999
Significância ¹	1,5034	0,0305

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

Verificou-se que no primeiro par canônico significativo, o teor de fósforo e zinco no solo na profundidade de 20-40 cm foram as variáveis que mais influenciaram o crescimento vegetativo do cafeeiro sombreado, favorecendo o aumento do tamanho e da área foliar do ramo.

No segundo par, o teor de alumínio destacou-se como principal variável que influenciou o crescimento vegetativo do cafeeiro sombreado. Aumento no teor de

alumínio no solo desta camada concorreria para a obtenção de reduzidos crescimentos de área foliar, número de nós e comprimento do ramo. O status de Al no solo pode limitar o crescimento das raízes, e conseqüentemente prejudicar o crescimento da parte aérea.

2.2.4. *Entre Características vegetativas e Características reprodutivas*

A correlação entre as variáveis de crescimento vegetativo e reprodutivo é marcada pela presença de apenas um par canônico significativo (Quadro 11), mostrando que estas características são interdependentes.

Quadro 11 - Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Características vegetativas (número de nós, tamanho, número máximo e mínimo de folhas, área foliar máxima e mínima) e Características reprodutivas (frutos verdes, em início de maturação e cereja) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos
	1º
Nós	0,2050
Tamanho	0,3117
Máximo de folhas	0,4971
Mínimo de folhas	0,8949
Área foliar máxima	-0,3394
Área foliar mínima	-0,0314

Frutos verdes	0,9127
Frutos em início de maturação	0,9757
Frutos cereja	0,3951

Coeficiente de correlação	0,9859
Significância ¹	9,6610

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

Pela análise deste par, notou-se que dentre as características vegetativas, a variável número mínimo de folhas esteve mais correlacionada com as características reprodutivas, evidenciando, como mostrado pela análise de trilha, a importância desta variável para o processo produtivo.

A fase vegetativa é que dará suporte à fase reprodutiva e, para a primeira, o número de folhas assume papel de destaque, uma vez que será por meio das folhas que a planta vai adquirir e armazenar toda a energia necessária para os processos vitais durante seu ciclo.

2.2.5. Entre Teor de nutrientes das folhas e Características reprodutivas

A análise da correlação canônica entre os nutrientes das folhas e características reprodutivas mostrou que esses grupos são interdependentes (Quadro 12).

Pela análise do único par canônico significativo, percebeu-se que, dos nutrientes foliares analisados, o cálcio, seguido do ferro e do nitrogênio, foram os mais correlacionados com a produção de frutos.

O cálcio é importante para a permanência dos frutos na planta, no sentido de fortalecer o tecido que une o fruto ao ramo. Os resultados sugerem que a presença de frutos verdes e em início de maturação demandariam maior quantidade de cálcio, sendo que a presença de frutos cereja já não necessitariam de mesma quantidade.

Os nutrientes Fe e N também foram importantes. O café, como descrito anteriormente, possui alta exigência em N, uma vez que este responde tanto pelo crescimento da parte aérea como pelo desenvolvimento dos frutos. Há relatos na literatura que a floração e potencial reprodutivo do café é, em grande parte, função da relação quantitativa entre carboidratos e compostos nitrogenados, conhecida correntemente como relação C/N (THOMAZIELLO et al., 2000).

Os valores excessivos de ferro encontrados, em média, no tecido foliar das plantas de café sombreadas (114,7 mg/kg), podem ter influenciado a produção de

frutos, uma vez que os resultados sugerem que plantas com menores teores de Fe em **seus** tecidos apresentaram maior potencial de produção de frutos.

Quadro 12 – Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Teor de nutrientes das folhas (N, P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, Mn) do café e Características reprodutivas (frutos verdes, em início de maturação e cereja) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos
	1º
N	-0,2691
P	0,1415
Ca	-0,4339
Mg	-0,1644
B	-0,0187
Cu	-0,0899
Fe	-0,3491
Zn	-0,1207
Mn	0,0085

Frutos verdes	0,5882
Frutos em início de maturação	0,5665
Frutos cereja	-0,0422

Coeficiente de correlação	0,9944
Significância ¹	2,1433

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

2.2.6. Entre Teor de nutrientes das folhas e Características do solo na profundidade de 0-20 cm

A interdependência entre o teor foliar de nutrientes e as condições de umidade e fertilidade do solo mais superficial, foi evidenciada pela presença de três pares canônicos significativos, mostrados no Quadro 13. De fato, o teor de nutrientes nos tecidos depende do suprimento externo.

Quadro 13 – Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Teor de nutrientes das folhas (N, P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, Mn) do café e Características do solo de 0-20 cm de profundidade (teor de umidade, pH, Al, Ca, K, P, CTC, matéria orgânica-MO, Zn, Cu) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos		
	2º	4º	5º
N	0,1243	0,5589	-0,0811
P	-0,4587	0,6007	-0,1451
Ca	0,0477	-0,1510	-0,2150
Mg	0,6014	-0,0870	-0,2302
B	0,3680	-0,3202	0,0517
Cu	-0,1266	0,7636	-0,4453
Fe	0,1169	-0,3630	-0,1335
Zn	0,2882	0,0277	0,0961
Mn	-0,2600	0,7148	-0,2884

Umidade	-0,0234	0,1385	0,1376
pH	0,2029	-0,7213	-0,3206
Al	0,1396	0,2761	-0,0394
Ca	0,0894	-0,8562	0,3243
K	-0,0320	-0,1617	0,1059
P	0,0510	0,0364	0,1610
CTC	0,2329	-0,4939	0,6377
MO	0,4592	0,0926	0,3411
Zn	0,4486	-0,4897	-0,2175
Cu	-0,4428	0,5340	-0,6189

Coef. de correlação	1,0002	1,0000	0,9999
Significância ¹	4,3247	3,9646	0,3840

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

Pela análise das cargas no primeiro par canônico, verificou-se que os teores de matéria orgânica (MO) foi a principal característica a influenciar o teor de nutrientes nas folhas de café. A atuação da matéria orgânica nas propriedades do solo é de grande importância como fonte de nutrientes para os organismos e para as plantas, na capacidade de troca de cátions do solo e no tamponamento do pH.

Os nutrientes magnésio (Mg) seguido do fósforo (P) foram os mais correlacionados com as características de solo na profundidade de 0-20 cm. Pelos resultados deduz-se que incremento no teor de matéria orgânica no horizonte mais superficial do solo tendeu a ser respondido com aumento do teor de Mg e redução do teor de P na planta. De acordo com LOURES e MENDONÇA (s/d), 20 a 70% do P da camada superficial do solo é encontrado na matéria orgânica (MO). Sendo a MO fornecedora potencial de P, seria de se esperar que aumento no conteúdo de matéria orgânica no solo fosse respondido com aumento no teor foliar de P. No entanto foi verificado o contrário, o que pode indicar que estaria ocorrendo competição pelo P disponível no solo, promovida pelas árvores com o café.

O par seguinte destacou o cálcio (Ca) e o pH como os mais interferentes no status nutricional do cafeeiro. O teor de cálcio no solo está diretamente relacionado com o pH do solo, sendo o cálcio a base predominante do complexo coloidal, responsável pela elevação do mesmo. É sabido que o pH interfere tanto na disponibilidade de nutrientes no solo, pela interferência nas reações químicas dos elementos minerais com os complexos coloidais do solo e nos processos de decomposição da matéria orgânica (BRADY, 1989), quanto no crescimento de raízes. Este par ainda mostrou que redução do pH do solo tendeu a aumentar o teor de Mn e Cu nas folhas. De fato, o Mn e o Cu se tornam mais disponíveis em solos mais ácidos (MALAVOLTA et al., 1982).

No terceiro par, a associação intergrupos foi estabelecida, principalmente pela CTC e teor de cobre no solo. Os resultados sugerem que aumentos na CTC do solo tendeu a beneficiar a concentração de nutrientes na folha. Ainda, a redução de teores de cobre no solo tendeu a elevar o conteúdo de zinco e boro nas folhas. Blanco (1970) citado por MALAVOLTA (1986) constatou que na presença de B e Cu, a absorção de Zn foi reduzida à metade.

Associando os resultados fornecidos pelos pares canônicos significativos constatou-se que, neste experimento, o conteúdo de matéria orgânica, o pH e a CTC da camada mais superficial do solo foram as mais importantes em determinar os teores de nutrientes nos tecidos foliares das plantas de café sob sombra, interferindo principalmente no teor de fósforo, um dos elementos mais escassos nos solos.

2.2.7. Entre Teor de nutrientes das folhas e Características do solo na profundidade de 20-40 cm

Os teores de nutrientes nas folhas dos cafeeiros sob sombreamento se mostraram correlacionadas com a condição de solo na camada de 20-40 cm de profundidade, pela presença de três pares significativos na análise (Quadro 14).

Observou-se, pela análise dos pares canônicos que, da mesma forma que no horizonte superficial, a CTC, o conteúdo de matéria orgânica (MO) e o pH foram as principais características do solo na profundidade de 20-40 cm, que influenciaram o conteúdo de elementos minerais nas folhas das plantas de café, sendo que nesta profundidade, destacou também o teor de umidade e o teor de alumínio do solo. Os resultados sugerem que plantas crescendo em solos com menores teores de Al na camada de 20-40 cm, apresentaram maior teor de nutrientes em suas folhas, destacando o cálcio.

O teor de P nas folhas foi a variável mais influenciada, sendo que oscilações principalmente no conteúdo de MO, CTC e umidade foram potencialmente interferentes no teor de P nas plantas. Da mesma forma como aconteceu para a camada mais superficial do solo, o teor de P nas plantas tendeu a reduzir com o aumento do teor de MO no solo, provavelmente devido à competição entre os componentes do sistema. Mas tendeu a diminuir com a redução do teor de umidade no solo desta camada.

Quadro 14 – Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Teor de nutrientes das folhas (N, P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn, Mn) do café e Características do solo de 20-40 cm de profundidade (teor de umidade, pH, Al, Mg, K, P, CTC, matéria orgânica-MO, Zn) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares		Canônicos
	1º	2º	3º
N	0,1886	- 0,4220	- 0,3081
P	0,7057	- 0,1399	- 0,5298
Ca	0,0390	0,7023	0,4179
Mg	- 0,2259	0,2116	0,4635
B	- 0,0654	0,0635	0,3198
Cu	0,2039	0,3476	- 0,2693
Fe	- 0,3076	- 0,1788	- 0,0340
Zn	- 0,1201	0,3491	- 0,3397
Mn	0,0783	- 0,3464	- 0,6447

Umidade	0,2339	- 0,1396	- 0,6560
PH	- 0,0008	0,2802	0,6745
Al	- 0,1897	- 0,4230	- 0,4773
Mg	0,1920	0,0189	0,4819
K	0,4018	0,1680	0,1044
P	0,1274	- 0,2532	0,1605
CTC	- 0,5997	0,2735	0,1811
MO	- 0,5672	0,1485	0,1535
Zn	- 0,5174	- 0,2276	0,6970

Coef. de correlação	1,0002	1,0000	1,0000
Significância¹	1,5177	4,3281	1,4121

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

2.2.8. Entre Teor de nutrientes da serrapilheira e Características do solo na profundidade de 0-20 cm

Houve correlação significativa entre o teor de nutrientes na serrapilheira e as características do solo abaixo dela. Na análise, quatro pares canônicos se mostraram significativos (Quadro 15).

Pelos resultados do primeiro par nota-se que no grupo das características do solo superficial, o teor de umidade e pH foram as variáveis que apresentaram maior carga. De fato, aumento do teor de umidade e pH na camada mais superficial do solo tendem a beneficiar a disponibilidade de nutrientes, provavelmente pela decomposição da matéria orgânica, favorecendo a absorção dos mesmos pelas plantas, tanto pela presença do elemento quanto do veículo, o que possibilitaria maior acúmulo de nutrientes minerais nos tecidos, refletindo no material vegetal desprendido das plantas, formador da serrapilheira. Por outro lado, a serrapilheira acumulada no solo tende a manter a umidade e o teor de matéria orgânica do mesmo, sendo que esta, além de suprir nutrientes às culturas, aumenta a capacidade de retenção de água e mantém temperaturas mais uniformes no solo. Os resultados mostram que o teor de nutrientes da serrapilheira se correlacionou positivamente com o pH do solo, sugerindo que a decomposição deste material e sua interação na superfície favorece o aumento do pH nesta camada do solo.

Nos outros pares canônicos significativos, a CTC, o teor de matéria orgânica (MO) e o teor de alumínio (Al) foram as características que mais se correlacionaram com o teor de nutrientes na serrapilheira, sugerindo que a relação das características do solo na camada mais superficial com o teor de nutrientes na serrapilheira pode se dar de duas maneiras.

Quadro 15 - Correlações canônicas e cargas nos pares canônicos estimados entre Teor de nutrientes da serrapilheira (N, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn, Mn) e Características do solo de 0-20 cm de profundidade (teor de umidade, pH, Al, Ca, K, P, CTC, matéria orgânica-MO, Zn, Cu) de plantas de café do sistema agroflorestal. Viçosa - MG, 2001.

Caracteres	Pares Canônicos			
	1º	2º	3º	5º
N	0,3692	0,0295	0,1812	- 0,5224
K	0,2658	- 0,1532	- 0,6934	0,0900
Ca	0,1586	0,2096	- 0,1255	0,7381
Mg	0,0803	0,3656	- 0,6548	0,2380
S	0,1517	0,4105	- 0,1260	- 0,0916
B	0,4478	0,4963	0,3185	0,1390
Fe	- 0,1681	0,7855	0,4460	0,1158
Zn	- 0,4359	0,2528	0,3018	0,2852
Mn	0,2725	0,6580	- 0,1063	0,2769
Umidade	0,6194	0,1341	- 0,2617	0,3515
pH	0,4552	- 0,2310	- 0,4305	- 0,2411
Al	- 0,1404	0,0092	- 0,4045	- 0,5964
Ca	0,1311	- 0,4908	- 0,1841	- 0,1654
K	0,2407	0,2672	0,2449	- 0,1829
P	- 0,0325	- 0,0469	0,6516	0,1633
CTC	- 0,0240	- 0,7250	- 0,3287	- 0,0607
MO	- 0,1424	- 0,7034	0,4457	- 0,1953
Zn	- 0,0310	- 0,5437	- 0,6546	0,3246
Cu	0,1524	0,6900	0,2299	0,2330
Coefficiente de correlação	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999
Significância ¹	1,6221	1,2154	2,2443	0,5407

1. Significância pelo teste do Qui quadrado

A qualidade da serrapilheira é forte determinante dos padrões de fertilidade do solo, sendo que, uma vez decomposta, é capaz de influenciar os parâmetros do solo. Os resultados indicam que o teor de nutrientes da serrapilheira interferiu negativamente na CTC e no conteúdo de MO do solo. Resultados contraditórios com outros encontrados na literatura, que mostram que a adição de matéria orgânica nos solos tende a ser respondida com o aumento do teor desta no mesmo (BRADY, 1989, NAIR, 1993). Entretanto, o teor de cálcio da serrapilheira interferiu negativamente no teor de alumínio do solo, o que também favorece o aumento do pH do solo superficial.

Analogamente, os parâmetros de fertilidade do solo influenciaram o teor de nutrientes na serrapilheira, uma vez que irão influenciar tanto a qualidade como a quantidade de nutrientes disponíveis para a absorção dos vegetais. Os resultados sugerem que solos com menores teores de CTC tenderam a fornecer serrapilheiras com maiores teores de micronutrientes e menores teor de potássio e magnésio.

Embora analisado em grupos separados de dois a dois, todos os fatores **que** dizem respeito a solo-planta-ambiente, atuam em conjunto. O crescimento vegetativo influencia e é influenciado pelo estado nutricional da planta, que por sua vez depende do teor de umidade e das condições de fertilidade, que por sua vez também influencia e é influenciado pela serrapilheira.

3.CONCLUSÕES

- ✓ **As** Características vegetativas do cafeeiro e a Quantidade e teor de nutrientes da serrapilheira do sistema, foram os conjuntos de variáveis mais correlacionados com a produção de frutos de café no sistema agroflorestal.
 - O número de folhas apresentou alta correlação positiva com a produção de café no SAF.
 - Serrapilheira com maior teor de manganês tendeu a interferir negativamente na produção dos frutos de café no SAF.
- ✓ O estado nutricional da lavoura cafeeira foi relevante em determinar diferenças na produção dos cafeeiros presentes no sistema agroflorestal, enquanto que as pragas e doenças mostraram-se pouco interferentes.
 - Cafeeiros com menor conteúdo de cobre ou maior teor de zinco nas folhas tenderam a ser mais produtivos.
- ✓ **As** variáveis de solo analisadas para a profundidade de 0-20 cm no solo apresentaram maior correlação com a produção de café, que aquelas obtidas para a profundidade de 20-40 cm.
 - Saturação de bases (V) e os teores de cálcio, magnésio e potássio do horizonte mais superficial do solo foram significativa e positivamente correlacionados com a produção.
- ✓ **As** Características vegetativas se mostraram correlacionadas com todos os outros conjuntos de variáveis estudadas, sugerindo a importância desta fase de crescimento para o processo produtivo dos cafeeiros.

- ✓ O crescimento vegetativo do cafeeiro sombreado foi influenciado pelo estado nutricional da planta, e vice-versa.
 - O número de folhas e de nós nas plantas de café interferiram e foram afetados pela condição nutricional da lavoura.
 - Plantas de café com maiores teores de Zn, Fe, Cu ou N e menor teor de Mn nas folhas tenderam a apresentar maior crescimento.
- ✓ Houve correlação significativa entre o crescimento vegetativo do cafeeiro sob sombreamento e condição de fertilidade e umidade dos solos de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade.
 - As características do solo mais superficial tenderam a interferir diretamente no número de folhas apresentado pelas plantas de café do sistema.
 - Solos com maior teor de K, P e umidade na camada de 0-20 cm, tenderam a favorecer o crescimento das plantas de café, enquanto que a redução do pH tendeu a deprimi-lo.
 - Aumento do teor de P e Zn e redução do teor de alumínio na camada de 20-40 cm no solo, tendeu a beneficiar o crescimento vegetativo das plantas.
- ✓ As características vegetativas e reprodutivas foram interdependentes, sendo que o número de folhas foi a variável mais correlacionada com as características reprodutivas.
- ✓ O estado nutricional das plantas de café foi influenciado pelo crescimento reprodutivo, e vice-versa.
 - Os teores de Ca, Fe e N foram as variáveis mais correlacionadas com as características reprodutivas.
- ✓ O estado nutricional da lavoura cafeeira sob sistema agroflorestal correlacionou significativamente com as características de solo.
 - O teor de matéria orgânica, pH e CTC dos solos tendeu a determinar o teor foliar de nutrientes nas plantas de café, interferindo principalmente no teor de fósforo.
 - Incremento no teor de matéria orgânica na camada mais superficial do solo tendeu a aumentar o teor de Mg e reduzir o teor de P nas folhas de café.
 - A redução do pH nesta camada tendeu a aumentar o teor de Mn e Cu nas folhas do cafeeiro.
 - Aumentos na CTC do solo mais superficial tendeu a elevar a concentração de nutrientes na folha de café.

- Elevação do teor de umidade no solo da camada de 20-40 cm tendeu a aumentar a concentração de nutrientes nas folhas.
- ✓ O teor de umidade, **pH**, CTC, teor de alumínio e matéria orgânica foram as características do solo que mais se correlacionaram com o teor de nutrientes na serrapilheira.

teor de nutrientes nas folhas de serrapilheira em função do teor de umidade do solo na camada de 20-40 cm.

teor de nutrientes nas folhas de serrapilheira em função do teor de matéria orgânica do solo na camada de 20-40 cm.

A redução do pH nesta camada de solo também se correlacionou com o teor de nutrientes nas folhas de serrapilheira. Aumentos na CTC do solo na camada de 20-40 cm também se correlacionaram com o teor de nutrientes nas folhas de serrapilheira.

RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS

Os sistemas agroflorestais, pelos benefícios potenciais nos aspectos econômico, social e ambiental, surgem como uma nova perspectiva para o cultivo do café. Porém, ainda faz-se necessário obter conhecimento acerca destes sistemas, uma vez que diferenças climáticas e topográficas entre regiões e as espécies arbóreas utilizadas no consórcio, incluindo sua densidade e manejo, promovem situações distintas para o desenvolvimento da cultura. Visando contribuir com novas informações, este trabalho teve como objetivo estudar um sistema agroflorestal (SAF) com café (*Coffea arabica* L.), na Zona da Mata mineira, através da análise comparativa com uma cultura manejada a pleno sol (SOLT), e da avaliação de fatores que, no SAF, puderam interferir na produção da lavoura, enfocando componentes que envolvem o sistema solo-planta-ambiente. Para isso, foram determinados nas plantas de café, parâmetros de crescimento vegetativo (número de nós, de folhas, tamanho e área foliar, por ramo) e reprodutivo (número de nós produtivos, botões florais e frutos nos diferentes estágios – chumbinho, verde, em início de maturação, cereja e seco), incidência de pragas e doenças (broca-dos-frutos, bicho-mineiro, cercosporiose e ferrugem), estado nutricional da lavoura, produção e produtividade. Foram quantificadas a queda e o teor de nutrientes nas serrapilheiras e realizada análise de rotina e determinação de umidade nos solos de cada sistema, além do monitoramento da temperatura do ar. No SAF foi também caracterizado e acompanhado o crescimento do componente arbóreo.

Na análise comparativa entre o (SAF) e o (SOLT) verificou-se que a sombra promovida pela presença de 133 árvores de 26 espécies diferentes no SAF, reduziu a amplitude térmica no sistema, apresentando em média, temperatura máxima de 2,6°C abaixo daquela registrada no SOLT. As espécies mais abundantes foram casuarina (*Casuarina equisetifolia*), pitangueira (*Eugenia uniflora*), oiti (*Licania tomentosa*), uva japonesa (*Hovenia dulcis*) e mangueira (*Mangifera indica*), sendo que todo o componente arbóreo obteve ganho em crescimento durante o estudo, indicando potencial para fornecimento de outros produtos vegetais. Para os dois sistemas, o maior crescimento vegetativo das plantas de café ocorreu de outubro a março, período de chuvas e temperaturas mais altas no ano (primavera/verão). No ambiente sombreado os cafeeiros apresentaram menor crescimento de ramos e emissão de folhas, entretanto mostraram menor desfolha e, em média, folhas de maior tamanho; e iniciaram seu processo produtivo mais cedo, mas com menor número de nós produtivos e botões florais, refletindo em menor quantidade de frutos na colheita. A incidência do bicho-mineiro e broca-dos-frutos foi pequena nos sistemas, porém a lavoura sombreada foi mais infestada pela cercosporiose e ferrugem. No geral, os cafeeiros apresentaram teores foliares adequados de N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn, baixos de P e K e altos de S e B. O SAF contribuiu com cerca de $6,1 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de serrapilheira ao sistema, e o SOLT com cerca de $4,5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, contudo o sistema a pleno sol apresentou maior riqueza quantitativa de macro e micronutrientes na serrapilheira, exceto Ca e Zn. A umidade no horizonte mais profundo do solo (20-40 cm) foi mais conservada no SAF, que, em relação à fertilidade do solo apresentou valores de pH, Ca, Mg, K, Zn, V acima, e de Al , m e CTC a pH 7, abaixo daqueles apresentados pelo SOLT. Para ambos os sistemas, a melhor condição de fertilidade do solo esteve na camada mais superficial. A produção do café solteiro, de $40 \text{ sc} \cdot \text{ha}^{-1}$ de café em coco foi superior a de $8,6 \text{ sc} \cdot \text{ha}^{-1}$ de café em coco, do sistema agroflorestal.

Em relação às variáveis potencialmente importantes na produção de café sob SAF constatou-se que as características vegetativas do cafeeiro e a quantidade e teor de nutrientes na serrapilheira, foram aquelas mais correlacionadas com a produção. O número de folhas apresentou alta correlação positiva com a produção, enquanto

que serrapilheiras com maior teor de manganês tenderam a interferir negativamente na mesma. As pragas e doenças mostraram-se pouco interferentes, enquanto que o estado nutricional da lavoura cafeeira foi fator relevante tanto para o crescimento como para produção. O número de folhas, de nós e a presença de frutos nas plantas de café interferiram e foram afetados pela condição nutricional da lavoura, sendo que cafeeiros que apresentaram nas folhas menor teor de cobre ou maior de zinco e nitrogênio, tenderam a crescer mais e serem mais produtivos. As características do solo no horizonte mais superficial (0-20 cm) estiveram mais correlacionadas com a produção de café que aquelas obtidas na profundidade de 20-40 cm. A saturação de bases (V) e os teores de cálcio, magnésio e potássio da primeira camada do solo foram significativa e positivamente correlacionados com a produção. O solo ainda influenciou o crescimento vegetativo do cafeeiro, o estado nutricional da lavoura e o teor de nutrientes na serrapilheira. O crescimento do cafeeiro foi favorecido pelo maior teor de potássio, fósforo e umidade na camada de 0-20 cm do solo, que influenciou diretamente no número de folhas, enquanto que a redução do pH tendeu a prejudicá-lo. Aumento do teor de fósforo e zinco e redução do teor de alumínio na camada de 20-40 cm no solo também pareceu ser benéfico ao crescimento das plantas de café. O teor de umidade e de matéria orgânica, pH e CTC dos solos tendeu a determinar o teor foliar de nutrientes nas plantas de café, interferindo principalmente no conteúdo de fósforo, além de influenciar a concentração dos elementos minerais na serrapilheira.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C.M.G. Você aceita um cafezinho especial? Análise do perfil dos consumidores com relação a cafés diferenciados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.378-380.
- ALVES, R.N.B., RODRIGUES, J.E.L.F., SILVA, J.F.de. Diversificação e intercalação de culturas em sistema agroflorestral, na agricultura familiar do município de Ponta de Pedras - Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.150-152.
- AMARAL, J.A.T., RENA, A.B., BARROS, R.S., CORDEIRO, A.T., ALVES, J.D. Periodicidade de crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fontes de nitrogênio, fotossíntese e redução do nitrato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 14, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TECNOLOGIA CAFEIRA, 1, 1987, Campinas. Resumos., Campinas: Ministério da Indústria e do Comércio/IBC, 1987. p.118-120.
- AMARAL, M. Introdução. In: CAIXETA, G.Z.T., ROSADO, P.L., LIMA, J.E.de, GOMES, M.F.M. Parcela de participação, qualidade e preço do café no mercado mundial. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. p.4.
- AMOAH, F.M., OSEI-BONSU, K., OPPONG, F.K. Response of improved robusta coffee to location and management practices in Ghana. *Experimental Agriculture*, v.33, p.103-111, 1997.
- ANDRADE, L.A.de., SARMENTO, C.A., SILVEIRA, L.M.da., RIBEIRO, G.do N. Diagnóstico e avaliação das formas de conservação de árvores in situ em unidades de produção familiar nas microrregiões do agreste e do curimataú paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.357-359.

- ARANGUREN, J., ESCALANTE, G., HERRERA, R. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. *Plant and Soil*, n.67, p.247-258, 1982.
- ARCLA P.J., CHAVES C.B. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Cenicafé*, v.46, n.1, p.5-20, 1995.
- ARGÜELLO-ARIAS, H. Cambios en la composición bioquímica y su aplicabilidad en el uso de follajes verdes como fuente de materia orgánica y nutrientes en sistemas agroforestales. *Agronomía Colombiana*, v.7, n.2, p.169-181, 1995.
- ARGÜELLO-ARIAS, H. Influencia de la diversidad de especies de plantas en la incidencia de plagas dentro de cultivos en sistemas agroforestales. *Agronomía Colombiana*, v.4, n.1/2, p.57-62, 1987.
- BABBAR, L.I., ZAK, D.R. Nitrogen cycling in coffee agroecosystems: net N mineralization and nitrification in the presence and absence of shade trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.48, p.107-113, 1994.
- BABBAR, L.I., ZAK, D.R. Nitrogen loss from coffee agroecosystems in Costa Rica: leaching and denitrification in the presence and absence of shade trees. *Journal of Environmental Quality*, v.24, n.2, p.227-233, 1995.
- BAGGIO, A.J. Sistema agroflorestal grevilea x café: início de nova era na agricultura paranaense? Curitiba: EMBRAPA/URPFCS, 1983. 15p. (Circular Técnica, 9).
- BARROS. R.S. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). Viçosa: UFV, 1972. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetativa). Universidade Federal de Viçosa, 1972.
- 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. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). *Revista Ceres*, n.21, p.268-279, 1974.
- BATISTELA SOBRINHO, I. Efeito do auto-sombreamento de cafeeiros na incidência de bicho-mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal. Resumos... Espírito Santo do Pinhal: Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manoel Carlos Gonçalves/IBC, 1990. p.87.
- BATISTELA SOBRINHO, I., MATIELLO, J.B. MIGUEL, A.E. Comportamento de cafeeiros conilon, mundo-novo e catuaí, plantado em mata natural e a pleno sol em Sinop-MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TECNOLOGIA CAFEEIRA, 1, 1987, Campinas. Resumos... Campinas: Ministério da Indústria e do Comércio/IBC, 1987. p.185-187.
- BAUMER, M. Trees – let's take a balanced view. *Agroforestry today*, n.2, p.16-17, 1993

- BLOOMFIELD, J., VOGT, K.A., VOGT, D.J. Decay rate and substrate quality of fine roots and foliage of two tropical tree species in the Luqillo experimental forest, Puerto Rico. *Planta and Soil*, n.150, p.233-245, 1993.
- BONILLA, J.C.G., RIVERA, A.A.M. Determinación del efecto de la infección por roya el café en la producción. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TECNOLOGIA CAFEEIRA, 1, 1987, Campinas. Resumos... Campinas: Ministério da Indústria e do Comércio/IBC, 1987.p.305-307.
- BORNEMISZA, E. Nitrogen cycling in coffee plantations. *Plant and Soil*, n.67, p.241-246, 1982.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.
- CAIXETA, G.Z.T, ROSADO, P.L., LIMA, J.E.de, GOMES, M.F.M. Parcela de participação, qualidade e preço do café no mercado mundial. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 47p.
- CAIXETA, G.Z.T. Economia cafeeira, mercado de café, tendências e perspectivas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1, 1999, Viçosa. Livro de palestras... Viçosa, MG: UFV/Departamento de Fitopatologia, 1999.p.3-21.
- CAIXETA, G.Z.T. Gerenciamento da cafeicultura em época de crise. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.1-24.
- CAIXETA, G.Z.T., TEIXEIRA, S.M. A globalização e o mercado do café. *Informe Agropecuário*, v.20, n.199, p.74-82, 1999.
- CAMARGO, A P., FERNANDES, D.R. Arborização em cafezais. *Cafeicultura Moderna*, n.7, p.36-37, 1989.
- CANNELL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield. *Kenya Coffee*, v.41, n.484, p.245-253, 1976.
- CARAMORI, P.H., FILHO, A.A., BAGIO, A. Arborização do cafezal com *Gravilea robusta* no norte do estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.38, n.4, p.1031-1037, 1995.
- CARNEIRO FILHO, F., PAES DE CAMARGO, A. Observações preliminares sobre arborização em cafezal no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, CONGRESSO LATINOAMERICANO DE TECNOLOGIA CAFEEIRA, 1, 1987, Campinas. Resumos... Campinas: Ministério da Indústria e do Comércio/IBC, 1987.p.65-66.
- CARVALHO, V.L. de, CHAULFOUN, S.M. Doenças do cafeeiro: diagnose e controle. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 44p. (Boletim técnico, 58).

- CASTRO, A.R.S.; OLITE, R.P. Influencia de la intensidad de la tala del monte natural en el crecimiento inicial del cafeto cv. Isla 6-14. Centro Agrícola, ano 24, n.1, p.94-96, 1997.
- CFSEMG (Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais). Adubação orgânica. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 9 aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.87-92.
- CHAGAS JR., A.F., OLIVEIRA, L.A.de, WILLERDING, A.L., HARA, F.A.dos S. Ocorrência de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) nas raízes de plantas em sistemas agroflorestais em propriedades rurais de Manaus-Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.235-237.
- CHAMORRO-TREJOS, G., GALLO-CARDONA, A., LÓPEZ-ALZATE, R. Evaluacion economica del sistema agroforestal café asociado com nogal. Cenicafé, v.45, n.4, p.164-170, 1994.
- CHAVES, J.C.D., GUERREIRO, E. Culturas intercalares em lavouras cafeeiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.24, n.2, p.177-190, 1989.
- CHEBABI, M.A.A. Influência da competição nutricional de culturas anuais (arroz, milho, feijão e soja), no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, MG: ESAL, 1984. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1984.
- CORREIA, J.R. Uso de técnicas multivariadas no estudo das interrelações de características do solo e a produtividade do eucalipto. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 106p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1993,
- COSTA, G.S., ANDRADE, A.G., FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto. Trabalhos voluntários... Viçosa, MG: SOBRADE, UFV/DPS/DEF, 1997. p.344-349.
- CRUZ, C.D. (Ed.) Programa GENES: Aplicativo computacional em Genética e Estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 420p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1993. 390p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. Relação entre caracteres. In: CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 1993. cap. 3, p.71-101.
- CUENCA, G., ARANGUREN, J., HERRERA, R. Root growth and litter decomposition in a coffee plantation under shade trees. Plant and Soil, n.71, p.477-486, 1983.

- CUNHA, G. de M. Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um latossolo vermelho-amarelo álico, de encosta, sob duas coberturas: café e mata natural. Viçosa, MG: UFV, 1995. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- CURE, J.R., SANTOS, R.H.S., MORAES, J.C., VILELA, E.F., GUTIERREZ, A.P. Fenologia e dinâmica populacional da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia, v.27, n.3, p.325-335, 1998.
- DANTAS, F.S., MATIELLO, J.B., CAMARGO, A.P. de. Arborização de cafeeiros com *Grevilea robusta* na região serrana de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal. Resumos... Espírito Santo do Pinhal: Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manoel Carlos Gonçalves/IBC, 1990. p.130-131.
- DAROS, R. Impressões la hoje, n.3, p.10-11, 2000.
- DIAS, R.A de P. A influência do titânio na agregação de um latossolo roxo do triângulo mineiro. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- DINKELMEYER, H., LEHMANN, J., KAISER, K., TEIXEIRA, W.G., RENCK, A., ZECH, W. Fate of applied N fertilizer in mixed cropping systems in the central Amazon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.196-197.
- EMBRAPA/CNPS. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- ESTÍVARTZ, J., MUSCHIER, R. Efecto de la sombra sobre el vigor y producción de *Coffea arabica* var. Caturra después de una poda total del café en Turrialba, Costa Rica. Agroforesteria en las Américas, v.5, n.17-18, p.49-53, 1998.
- FAHL, J.I., CARELLI, M.L.C., VEJA, J., MAGALHÃES, A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). Journal of Horticultural Science, v.69, n.1, p.161-169, 1994.
- FARRELL, J.G. Sistemas agroforesteria. In: ALTIERI, M.A. Agroecologia: bases científicas de la agricultura alternativa. Santiago: Instituto de Estudios y Publicaciones Juan Ignacio Molina – Comissão de Investigação sobre Agricultura Alternativa, 1984. p.82-89.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. da. Distribuição dos diâmetros numa faixa de serrado na Fazenda Água Limpa (FAL), em Brasília-DF. Acta botanica brasileira, v. 2, n. 1-2. p.85-105, 1988.
- FERNANDES, C.D. Efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a cercosporiose do cafeeiro. Viçosa, MG: UFV, 1988. 73p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

- FERNANDES, D.R. Manejo do cafezal. 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, 1986. p.275-302.
- FOURNIER, L.A. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronomico y ecofisiologico. Agronomía Costarricense, v. 12, n.1, p. 131-146, 1987.
- FRANCO, C.M Fisiologia do cafeeiro. In: KRUG, C.A. Cultura e adubação do cafeeiro. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. cap 4, p.63-80.
- FRANCO, F.S. Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na zona da mata de Minas Gerais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 148p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- FRANCO, F.S., GJORUP, G.B., CARVALHO, A.F. Avaliação de características físicas, químicas e microbiológicas de um solo sob sistema agroflorestal comparado com a mata secundária e pastagem na região de Viçosa, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. Anais... Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p.259-269.
- FRANKLIN, E., MORAIS, J.W.de. Density and biomass of soil mesofauna in primary forest, second growth and polyculture in central Amazonia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2000. D. 124-126.
- FREITAS, R.B., OLIVEIRA, L.E.M., SOARES, A.M., DELÚ FILHO, N. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L). In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.1035-1037.
- FROUFE, L.C.M., FRANCO, A.A., FARIA, S.M.de, CAMPELLO, E.F.C. Produção de serrapilheira e ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* e *Albizia guachapele*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto, Trabalhos voluntários... Viçosa, MG: SOBRADE, UFV/DPS/DEF, 1997. p. 205-214.
- GAJASENI, J., MACHADO, R.M., JORDAN, C.F. Diversified agroforestry systems: buffer for biodiversity reserves, and landbridges for fragmented habitats in the tropics. In: SZARO, R.C., JOHNSTON, D.W. (Ed.) Biodiversity in managed landscapes: theory and practice. New York: Oxford University Press., p.506-513, 1996.
- GALLARDO-O., J.L.E., LUIZÃO, F.J., WANDELLI, E., FERNANDES, E.C.M. Produção e qualidade de liteira nos sistemas agroflorestais na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos...Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.252-254.

- GUIMARÃES, P.T.G., LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. 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, 1986. p.115 –164.
- GUIMARÃES, P.T.G., ROMANIELLO, M.M., POZZA, A.A.A., NOGUEIRA, J.D. Prospecção de demandas e prioridades de pesquisas das regiões cafeeiras de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 28p. (Publicação da EPAMIG, 36).
- HIROCE, R. Composição Mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* 'Mundo Novo') com referência à época e à adubação. Piracicaba, SP: ESALQ, 1972. 76p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1972.
- HIROCE, R. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J.A. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba: Institutos da Potassa, 1982. p.117-137.
- JARAMILLO-ROBLEDO, R., GÓMEZ-GÓMEZ, E. *Exposición solar y bajo sombrío*. Cenicafé, v.40, n.3, p.65-79, 1989.
- JESUS, R.M. de, SOUZA, A.L. de. Produção sustentável em mata secundária de transição – oito anos de monitoramento. Viçosa: SIF, 1995. 99p.
- JESUS, R.M. de, SOUZA, A.L. de, GARCIA, A. Produção sustentável de floresta atlântica. Viçosa: SIF, 1992. 128p.
- KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., CAMARGO, L.E.A., REZENDE, J.A.M. Manual de Fitopatologia :doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. 564 p.
- KIMENIA, J.K., NJOROGE, J.M. Effect of shade on coffee – a review. Kenya Coffee, v.53, n.622, p.387-391, 1988.
- KJELGREN, R. Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. Hortscience, v.29, n.7, p.777-780, 1994.
- KRUG, C.A. Cultura e adubação do cafeeiro. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. 277p.
- LARRAMENDI, L.R., ABALLES, O.P. Estimacion del area y la massa seca de hojas de cafetos cultivados al sol y bajo sombra. Centro Agrícola, n.2, p.15-20, 1995.
- LEITE, R de A. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar. Viçosa, MG: UFV, 1993. 87p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- LUCAS, M.B. Efeito de diferentes índices de infestação pela broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae) no peso e na classificação do café pelo tipo e pela bebida. Lavras, MG: ESAL, 1986. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1986.

- LUIZÃO, F.J., LUIZÃO, R.C.C., DESJARDINS, T., SARRAZIN, M., PALHETA, C. Qualidade do solo sob sistemas agroflorestais instalados em áreas de florestas e de capoeira na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.271-273.
- LUNZ, A.M.P., FRANKE, I.L., SÁ, C.P.de, ANDRADE, C.M.S.de. Caracterização e avaliação de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental: Projeto RECA, um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.349-352.
- MacDICKEN, K.G., VERGARA, N.T. Introduction to agroforestry. In: MacDICKEN, K.G., VERGARA, N.T. Agroforestry: classification and management. New York: John Wiley & Sons, 1990. cap.1, p. 1-30.
- MACEDO, R.L.G., VENTURIN, N., TSUKAMOTO FILHO, A. de A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. Informe Agropecuário, v.21, n.202, p.93-98, 2000.
- MALAVOLTA, E. Avaliação nutricional do cafeeiro. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DO CAFÉ, 2, 1996, Vitória. Resumos... Vitória: Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café (CETCAF), 1996. p.83-131.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o 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 Fósforo, 1986. p. 165-274.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J.A. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1982. 226p.
- MARISCAL FLORES, E.J. Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de Mata Atlântica secundária, município de Viçosa, MG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 165p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- MARQUES, P.C. Utilização de palmáceas produtoras de palmito para sombreamento de café conilon, no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.1072-1073.
- MARTINEZ, H.E.P., CARVALHO, J.G. de, SOUZA, R.B.de. Diagnóstico foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.143-168.

- MARTINEZ, H.E.P., SOUZA, R.B. de, ALVAREZ V., V.H., MENEZES, J.F.S. OLIVEIRA, J.A., ALVARENGA, A.de P., GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Manhuaçu e Patrocínio. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 36p.
- MARTINS, E.G., NEVES, E., FERREIRA, C.A., SHIMIZU, J.Y. Deposição de serrapilheira e nutrientes em povoamentos de grevilea de diferentes origens no sudoeste do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.127-129.
- MATIELLO, J.B. O café :do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320p.
- MATIELLO, J.B. Sistemas de produção na cafeicultura moderna. Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1995. 102p.
- MATIELLO, J.B. Sombra vertical ou itinerante, novo conceito de sombra para reduzir o "stress" hídrico em cafezais conillon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. Resumos... Poços de Caldas: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.29.
- MATIELLO, J.B., COELHO, C. Observações fenológicas em cafeeiros conillon cultivados com e sem arborização. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.19-20.
- McCAFFERY, K.A., FERNANDES, E.C.M., WANDELLI, E.V., RONDON, M.A. Estoque de carbono e nutriente em sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens degradadas da Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.177-179.
- MEDA, A.R., CASSIOLATO, M.E., PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D. Modificações químicas em solo manejado com resíduos orgânicos e calcário e desenvolvimento de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. Resumos... Poços de Caldas: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1998. p.306-307.
- MELLO, E.V. A cafeicultura no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. p.565-606.
- MELO, J.T., GUIMARÃES, D.P. A cultura do café em sistemas consorciados na região do cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.963-966.
- MENDONÇA, E.de S., LOURES, E.G. Matéria orgânica do solo. Viçosa: ABEAS/UFV, [199-?]. 45p.
- MEZZOMO, C.P.L., RIBEIRO, M.T.F. Os novos desafios da cafeicultura – a trajetória do Sul de Minas. Informe Agropecuário, v.20, n.199, p.83-92, 1999.

- MITJA, D., COSTA, J.R.da. Vegetação espontânea e bancos de sementes de quatro sistemas agroflorestais em pequenas propriedades (Manacapuru, Amazonas, Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.323-325.
- MOGOLLÓN, J.P. et al. Nitrogeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes arboles de sombra. *Agronomia Tropical*, v.47, n.1, p.87-102, 1997.
- MONTAGNINI, F., JORDAN, C.F., MACHADO, R.M. Nutriente cycling and nutrient use efficiency in agroforestry systems. In: ASHTON, M.S., MONTAGNINI, F. (Ed.) The silvicultural basis for agroforestry systems. New York: CRC Press, p.131-159, 2000.
- MOTTA, J.W. Fatores associados à queda sazonal do crescimento do cafeeiro arábico em Viçosa – MG. Viçosa: UFV, 1988, 68p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- MOYSES, E.L. de F.D. Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí em solução nutritiva com diferentes doses de zinco e pH. Piracicaba, SP: ESALQ, 1988. 147p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1988.
- NACIF, A.P. Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv Catuaí, sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio - MG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 124p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- NAIR, P.K.R. *An* introduction to agroforestry. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.
- NELSON, B.W., MESQUITA, R., PEREIRA, J.L.G., SOUZA, S.G.A.de, BATISTA, G.B., COUTO, L.B. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, n.117, p.149-167, 1994.
- NJOROGE, J.M., KIMENIA, J.K. Effects on the yield and growth of young compact arabica coffee hybrid of intercropping with food crops in three agro-ecozones in Kenya. *Experimental Agriculture*, v.31, p.49-55, 1995.
- NJOROGE, J.M., WAITHAKA, K., CHWEYA, J.A. Effects of intercropping young plants of compact arabica coffee hybrid cultivar ruiru 11 with potatoes, tomatoes, beans and maize on coffee yields and economic returns in Kenya. *Experimental Agriculture*, v.29, p.373-377, 1993.
- OLIVEIRA, E.P.de. A diversidade da mesofauna do solo em sistemas agroflorestais em áreas de Manacapuru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.17-18.
- OSEGUERA, S.H. Efeito de fatores biológicos e climáticos sobre o desenvolvimento da ferrugem (*Hemilea vastatrix* Berk & Br) do cafeeiro. Viçosa, MG: UFV, 1980. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1980.

- OTS-Organización de Estudios Tropicales – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Sistemas Agroflorestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José: Trejos, 1986. 818p.
- OVERMAN, J.P.M., WITTM, H.J.L., SALDARRIAGA, J.G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, n.10, p.207-218, 1994.
- PAES DE CAMARGO, A. A arborização como meio de reduzir as adversidades climáticas e promover a sustentação da cafeicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16, 1990, Espírito Santo do Pinhal. Resumos..., Espírito Santo do Pinhal: Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manoel Carlos Gonçalves/IBC, 1990. p.6-7.
- PAES DE CAMARGO, M.B., PEDRO JUNIOR, M.J., ORTOLANI, A.A., ALFONSI, R.R., PINTO, H.S. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. *Ecossistema*, v.9, p.165-171, 1984.
- PALM, C.A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems*, n.30, p.105-124, 1995.
- 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. *Anais...* Londrina: IAPAR, 1996. p.87-105.
- PEREIRA, J.B.D. Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.), Viçosa, MG: UFV, 1999. 99p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999
- PEREIRA, J.da P., FILHO, A.A., LEAL, A.C., RAMOS, A.L.M. Sistemas agroflorestais com seringueira (*Hevea brasiliensis* M.Arg.) no noroeste do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.303-305.
- PEZZOPANE, J.R.M., GALLO, P.B., ORTOLANI, A.A. Caracterização microclimática em cultivo consorciado de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.72-75.
- POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de Eucalyptus e Pinus: implicações silviculturais. Piracicaba, SP: ESALQ, 1985. 211p. Dissertação (Livre-docência em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1985.
- PÓVOA, H.N. Aplicação no solo de magnésio, boro e zinco, na presença de NPK – efeitos no teor dos elementos presentes na folha e na produção de cafeeiros em formação. Lavras, MG: ESAL, 1978. 68p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1978.
- PROGRAMA NACIONAL DE FLORESTAS – PNF. Brasília: MMA/SBF/DIFLOR, 2000. 52p.

- RECCO, R.D., AMARAL, E.F.do, PINTO, E.M., MELO, A.W.F.de. Avaliação do nível de carbono orgânico em solos tropicais submetidos a plantio de sistemas agroflorestais em diferentes idades na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.55-57.
- 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, 1986.p.1-87.
- RIBEIRO, A.C., GUILMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Ed.) Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999.359p.
- RIBEIRO, M de F. Respostas do crescimento, do amido e de macronutrientes ao potássio em genótipos de *Coffea arabica* L., com diferentes sensibilidades à seca de ponteiros. Viçosa, MG: UFV, 1993. 50p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – universidade Federal de Viçosa, 1993.
- RODRIGUES, V.G.S., CASTILLA, C., COSTA, R.S.C.da, PALM, C. Seqüestro de carbono em sistemas agroflorestais com café em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.290-292.
- RODRÍGUEZ, L.A., OROZCO, V., VELASCO, E., MEDINA, R., VERDECIA, J., FONSECA, I. Niveles óptimos de radiación solar y su relación com el crecimiento vegetativo, desarrollo foliar y la productividad del cafeto (*Coffea arabica* L.). Cultivos Tropicales, v.20, n.4, p.45-49, 1999.
- ROJAS, A.C. Efeito de práticas culturais sobre a infestação do bicho-mineiro, *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Meneville), em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Viçosa, MG: UFV, 1990. 32p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- SÁ, T.D.de A. Aspectos climáticos associados a sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. Anais... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. p.391-431.
- SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. Agroforestry Systems, n.30, p.5, 1995.
- SANTOS, J.D., KAGEYAMA, P.Y., GANDARA, F.B., CULLEN, L. Uso de SÁFs na restauração de paisagens fragmentadas, em assentamentos no Pontal do Paranapanema-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.400-402.
- SEVERINO, L.S., OLIVEIRA, T.S.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.

- SILVA, E.A., DA MATTA, F.M., BARROS, R.S., REGAZZI, A.J. Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos..., Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.65-68.
- SILVA, E.B., NOGUEIRA, F.D., GUIMARÃES, P.T.G., MALTA, M.R. Adubação potássica para o cafeeiro: produção de grãos beneficiados, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25, 1999, Poços de Caldas. Resumos..., Poços de Caldas: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.87-88.
- SINGH, L., SINGH, J.S. Species structure, dry matter dynamics and carbon flux of a dry tropical forest in India. *Annals of Botany*, v.68, p.263-273, 1991.
- SMITH, D.M., JARVIS, P.G., ODONGO, C.W. Sources of water used by trees and millet in Sahelian windbreak systems. *Journal of Hydrology*, v.198, p.140-153, 1997.
- SOROAGY, R., SANTINATO, R., CORREIA, J.P. Estudo da viabilidade técnica na produção de café orgânico e organo-mineral nas condições de cultivo nos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. Resumos... Poços de Caldas: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p.91-93.
- SOUZA, R.B. de, MARTINEZ, H.E.P, ALVAREZ V., V.H., OLIVEIRA, J.A., GUIMARÃES, P.T.G., CARVALHO, R.M., MACHADO, R. Características químicas do solo e bialidade de produção do cafeeiro em diferentes regiões de cultivo em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.1304-1307.
- TAPIA-CORAL, S.C., LUIZÃO, F.J., WANDELLI, E., SARRAZIN, M., CHAVES, E., FERNANDES, E.C.M. Carbono e nutrientes na camada de liteira em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.85-87.
- TEIXEIRA, S.M., CARVALHO, G., MILHOMEN, A.V., ADAMI, M., VEGRO, C., MOLIM, M., BERGOLI, E., DELLA COSTA, R., FELIPE, M., MILHOMEN, S.V. Fatores de competitividade na cafeicultura, em propriedades selecionadas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.340-342.
- TESHA, A.J., KUMAR, D. Effects of soil moisture, potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabica* L. *Turrialba*, v.29, n.3, p.213-218, 1979.
- THOMAZIELLO, R.A., FAZUOLI, L.C., PEZZOPANE, J.R.M., FAHL, J.I., CARELLI, M.L.C. Café arábica: cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 82p. (Boletim técnico, 187).
- TRUGILHO, P. F. Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 160p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- UPADHYAY, V.P., SINGH, J.S., MEENTEMEYER, V. Dynamics and weight loss of leaf litter in central himalayan forests: abiotic versus litter quality influences. *Journal of Ecology*, n.77, p.147-161, 1989.
- URIBE-HENAO, A., MESTRE-MESTRE, A. Efecto de la densidad de poblacion y de la disposicion de los arboles en la produccion de café. *Cenicafé*, v.39, n.2, p.31-43, 1988.
- URIBE-HENAO, A., SALAZAR-ARIAS, N. Distancias de siembra y dosis de fertilizante en la produccion de café. *Cenicafé*, v.32, n.3, p.88-105, 1981.
- VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L., JESUS JR., W.C. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÊS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Resumos... Brasília: EMBRAPA Café/MINASPLAN, 2000. p.171-174.
- VALENCIA-ARISTIZABAL, G., ARCILA-PULVARÍN, J. Efecto de la fertilización con N, P, K a tres niveles en la composicion mineral de las hojas del cafeto. *Cenicafé*, v.28, n.4, p.119-138, 1977.
- WANDELLI, E.V., FERNANDES, E.C.M., PERIN, R., SOUZA, S.G.de, MATOS, J.C.de S., TAPIA-CORAL, S., GALLARDO, J. Aspectos biofisicos da recuperação de áreas de pastagens degradadas através de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.32-35.
- WANDELLI, E.V., SOUZA, M do P.S. de. Análise da sustentabilidade de sistemas agroflorestais do estado do Amazonas através de sua diversidade florística. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3, 2000, Manaus. Resumos... Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000..p.26-28.
- WELL, M. de A.M. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na região de Marília e Garça, SP. Piracicaba, SP: ESALQ, 1990. 182p.) Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1990.
- WELLMAN, F.L. Coffe: botany, cultivation and utilization. London: Leonard Hill [Books] Limited, 1961. 488p.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R. do, PEREIRA, A.A., CHAVES, G.M. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1, 1999, Viçosa. Livro de palestras... Viçosa, MG: UFV/Departamento de Fitopatologia, 1999. p.134-215.

Quadro 1A - Características químicas de amostra do solo na profundidade de 0-20 cm¹

Planta	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC		V	m	MO	Zn	Cu
									Efet.	Total					
		---mg/dm ³ ---	-----cmol/dm ³ -----							%.....	dag/kg	mg/dm ³		
SAF															
1	5,03	8,24	36,00	0,58	2,15	0,56	6,88	2,82	3,39	9,69	29,53	17,93	4,37	7,99	1,45
2	5,10	1,77	60,33	0,59	1,59	0,46	6,64	2,22	2,80	8,85	24,97	21,70	4,12	5,03	1,51
3	5,20	4,64	39,33	0,49	2,32	0,65	6,98	3,08	3,57	10,06	30,70	16,97	3,20	6,31	1,42
4	5,27	4,45	87,33	0,38	2,91	0,91	5,24	4,05	4,43	9,29	44,60	11,23	3,89	5,49	1,27
5	5,03	11,26	86,00	0,46	1,84	0,54	5,96	2,64	3,10	8,59	29,73	21,27	3,52	4,66	2,16
6	4,80	2,70	36,00	0,66	1,96	0,40	7,04	2,47	3,13	9,51	26,20	21,83	3,58	3,91	1,46
7	4,97	3,13	61,00	0,31	2,60	0,71	6,87	3,49	3,79	10,35	33,73	8,90	4,81	4,44	1,23
8	4,97	3,03	48,67	0,48	1,35	0,47	6,31	1,98	2,46	8,30	24,50	20,20	3,74	5,42	2,28
9	4,87	6,42	78,33	0,48	1,74	0,56	6,31	2,52	3,00	8,83	28,87	17,90	3,75	4,35	1,51
10	4,90	9,14	64,00	0,46	2,04	0,66	7,45	2,87	3,33	10,32	27,83	14,87	4,34	5,34	1,19
11	4,80	3,67	54,00	0,74	1,22	0,37	6,81	1,74	2,48	8,55	20,80	31,07	3,96	4,16	1,99
12	4,87	8,64	55,00	0,30	1,47	0,53	4,80	2,15	2,45	6,95	30,87	14,47	3,57	3,14	2,78
13	4,97	11,72	59,33	0,35	1,90	0,59	6,16	2,65	3,00	8,82	30,17	12,63	4,23	3,46	1,51
14	4,97	7,65	55,00	0,44	1,62	0,47	6,42	2,24	2,68	8,66	25,60	17,40	4,35	3,23	1,71
SOLT															
1	4,93	5,90	79,00	0,63	1,50	0,53	8,24	2,25	2,88	10,50	20,37	27,60	4,44	3,43	1,72
2	4,63	11,07	60,33	0,89	0,89	0,17	8,07	1,22	2,11	9,29	13,47	40,40	4,38	3,82	1,56
3	4,50	5,98	56,00	1,13	0,63	0,19	8,41	0,97	2,10	9,39	10,30	55,60	4,33	3,58	1,34
4	4,47	3,85	34,33	1,19	0,48	0,16	8,59	0,74	1,93	9,33	7,90	62,07	3,80	4,20	1,75
5	4,73	23,11	31,33	0,59	1,65	0,47	7,14	2,21	2,80	9,36	23,43	22,80	4,60	6,48	1,14
6	4,57	4,51	41,33	0,90	0,97	0,27	8,19	1,37	2,27	9,56	14,20	40,60	4,59	3,46	1,62

¹ Extratores utilizados: SB = soma de bases trocáveis CTC Efet = Cap. de Troca Catiônica Efetiva
P, K, Zn, Cu = Extrator Mehlich 1 V = índice de saturação de bases CTC Tot = Cap. de Troca Catiônica à pH 7
Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = Extrator KCl 1 mol/L m = índice de saturação de alumínio ² pH em água, relação: 1:2,5
H+Al = Extrator Acetato de Ca 0,5 mol/L pH 7,0