

YONARA POLTRONIERI NEVES

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO *Coffea arabica*, FERTILIDADE DO SOLO
E RETENÇÃO DE UMIDADE EM SISTEMA AGROFLORESTAL

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

YONARA POLTRONIERI NEVES

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO *Coffea arabica*, FERTILIDADE DO SOLO
E RETENÇÃO DE UMIDADE EM SISTEMA AGROFLORESTAL

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

APROVADA: 10 de agosto de 2001.

Caetano Marciano de Souza
(Conselheiro)

Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Ricardo Henrique Silva Santos

Antônio de Pádua Alvarenga

Hermínia Emília Prieto Martinez
(Orientadora)

Ao meu Deus e Senhor, que sempre está ao meu lado.

Ao meu Pai Olivério (*in memoriam*) pelo exemplo de dignidade.
À minha mãe Clemilda, fonte de carinho e dedicação de toda a vida.

Ao meu amor Artur, companheiro de todas as horas.

Aos meus irmãos
Yasmim, minha fortaleza;
Juninho, minha paixão; e
Renata.

À Victória, razão do meu viver.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me proporcionado os meios e por ter me dado as condições de chegar até aqui.

À professora Hermínia Emília Prieto Martinez, pela orientação no curso e neste trabalho, pelos anos de convivência e, sobretudo, pela confiança.

Ao professor Caetano Marciano de Souza, pelo apoio, pela paciência e pela amizade.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela atenção, pelos conselhos e pela amizade.

Ao povo brasileiro, por intermédio da Universidade Federal de Viçosa e da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter permitido a realização deste trabalho.

À Geisibel, por cuidar com tanto amor da minha família.

Aos meus sogros Lúcio e Lúcia e às minhas cunhadas Márcia, Suzana e Silvia, pela ajuda e pelo carinho.

Ao grupo Apêti de Agrossilvicultura, pelo apoio na coleta dos dados e na condução deste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia, especialmente aos do setor Agronomia Fundão.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, na elaboração deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O uso de árvores em consórcio com o café	3
2.2. Crescimento vegetativo e produção do cafeeiro em consórcio com árvores	4
2.3. Fertilidade dos solos em diferentes sistemas de cultivo de café	6
2.4. Umidade do solo em cultivos de café consorciados com árvores	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Avaliações	12
3.1.1. Irradiância	13
3.1.2. Crescimento vegetativo	14
3.1.3. Produção	15
3.1.4. Teores foliares de nutrientes do cafeeiro	15
3.1.5. Características químicas do solo	15
3.1.6. Umidade do solo	16
3.2. Análise estatística	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Irradiância	21

4.2. Crescimento vegetativo	22
4.3. Produção	26
4.4. Teores foliares de nutrientes do cafeeiro	27
4.5. Características químicas do solo	29
4.5.1. Fósforo	36
4.5.2. pH e Al ⁺³	38
4.5.3. Potássio	41
4.5.4. Cálcio	43
4.5.5. Magnésio	45
4.6. Umidade do solo	47
5. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE	59
APÊNDICE A	60

RESUMO

NEVES, Yonara Poltronieri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2001.
Crescimento e produção do *Coffea arabica*, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal. Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez.
Conselheiros: Caetano Marciano de Souza, Paulo Roberto Cecon e Laércio Couto.

Avaliaram-se em Viçosa, na Zona da Mata de Minas Gerais, o crescimento vegetativo, produção e teores foliares do cafeeiro, a fertilidade do solo e retenção de umidade, em cafezais cultivados a pleno sol e em sistemas agroflorestais. O experimento foi realizado durante o período de fevereiro de 1995 a novembro de 1999, em área da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 4 repetições e os seguintes tratamentos: café a pleno sol (T1); café com fedegoso (T2); café com fedegoso e banana (T3); café com fedegoso, banana e ipê preto (T4), estes três últimos com a mesma densidade de espécies consorciadas (12) e todos os tratamentos com o mesmo número de plantas de café (28). O crescimento vegetativo do cafeeiro foi determinado através da avaliação da altura e do número de entrenós da haste ortotrópica nos anos de 1997 e 1998, do comprimento e número de entrenós do ramo plagiotrópico primário nos anos de 1997 e 1998, do diâmetro da base do caule nos anos de 1997 e 1998, da área foliar total nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998 e da taxa de crescimento relativo da área foliar total entre os anos de 1995 e 1998. A produção de grãos de café foi determinada, em peso fresco, por ocasião da colheita nos anos de 1998 e 1999. Para a determinação dos teores foliares de nutrientes foram feitas amostras nos anos de 1998 e 1999. Para avaliar as características químicas do

solo foram analisadas amostras compostas retiradas às profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm em 1995, 1997, 1998 e 1999. Foram analisadas as diferenças entre os pares de anos 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999. As médias das variáveis crescimento vegetativo, produção, teores foliares e características químicas do solo foram comparadas utilizando-se o teste Tukey ao nível de 10% de probabilidade. Através do peso da massa seca foi determinada a umidade do solo a base de peso em amostras realizadas às profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, no período compreendido entre março e outubro de 1999. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. A análise e a interpretação dos dados revelaram que os cafeeiros do tratamento a pleno sol obtiveram maior área foliar total, maior taxa de crescimento relativo da área foliar total e maior produtividade que os dos tratamentos consorciados em função da menor competição por água, luz e nutrientes. O estado nutricional relativamente bom dos tratamentos consorciados com árvores, está relacionado com o crescimento e produção baixos. Quanto à fertilidade do solo, analisando as diferenças entre os pares de anos, observou-se uma menor saturação de alumínio nos tratamentos consorciados quando comparado ao tratamento a pleno sol. A água, no tratamento café, fedegoso, banana e ipê preto (T4), na profundidade de 0 a 10 cm, foi melhor conservada que no sistema de a pleno sol, resultando um maior teor de umidade após 32 dias de período seco.

ABSTRACT

NEVES, Yonara Poltronieri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2001. **Growth and yield of *Coffea arabica*, soil fertility and soil moisture in agroforestry systems.** Advisor: Hermínia Emília Prieto Martinez. Committee members: Caetano Marciano de Souza, Paulo Roberto Cecon and Laércio Couto.

In coffee plantations under full sunlight and in agroforestry systems, the vegetative growth, leaf yield and contents as well as soil fertility and soil moisture have been evaluated in Viçosa, Minas Gerais State, in the region Zona da Mata. The experiment was carried out from February 1995 to November 1999 in areas of the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. A delinement of random blocks with four repetitions and the following treatments have been used: coffee under full sunlight (T1), coffee with *Senna macranthera* (T2), coffee with *Senna macranthera* and *Musa* sp. (T3), coffee with *Senna macranthera*, *Musa* sp. and *Zeihera tuberculosa* (T4). The last three mentioned were evaluated at the same density of intercropped species (12) and all treatments with the same number of coffee plants (28). Vegetative growth of the coffee plant was defined by the height and the number of internodes on the orthotropic stem in the years 1997 and 1998, the length and number of internodes on the primary plagiotropic stem in the years 1997 and 1998, the stem base diameter in the years 1997 and 1998, the total leaf area in the years 1995, 1996, 1997 and 1998 and the relative growth rate of the leaf area in the years from 1995 to 1998. The coffee berry yield was determined in fresh weight when harvested in the years 1998 and 1999. Leaf nutrient

contents were measured by samples taken in the years 1998 and 1999. For the evaluation of the chemical soil characteristics, compound samples extracted from depths of 0-5, 5-10, 110-20 and 20-40 cm in 1995, 1997, 1998 and 1999 were analyzed. Differences between the year pairs of 1997-1998, 1998-1999 and 1995-1999 were evaluated. The means of the variables vegetative growth, yield, leaf contents and chemical soil characteristics were compared by the Turkey test at a level of 10% probability. Soil moisture was determined by the dry matter weight based on the weight of samples from depths of 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40cm, during the period from March to October 1999. Data were analyzed by variance analysis and regression. Analysis and interpretation of the data showed a greater total leaf area, higher relative growth rate of the leaf area and higher yield for the coffee plants under full sunlight than those of the intercropped treatments, due to the smaller competition for water, light and nutrients. The reasonably good nutritional state of the treatments intercropped with trees is related to the low growth and yield. As for the soil fertility, lower aluminum saturation was observed in the intercropped treatments when compared to the full sunlight treatment, analyzing the differences between the year pairs. Water retention was better in the treatment coffee, *Senna macranthera*, *Musa* sp. and *Ziheira tuberculosa* (T4) at a depth of 0-10 cm than in the treatment under full sunlight, presenting a higher soil moisture after 32 days of dry season.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café é de grande importância na geração de divisas para o País, com as exportações girando anualmente em torno de 2,5 bilhões de dólares. Além do aspecto econômico, verifica-se que essa cultura tem grande relevância social, empregando um número considerável de pessoas (ANDRADE, 1995).

A ESPÉCIE *COFFEA ARABICA* L. É ORIGINÁRIA DA ETIÓPIA, ONDE CRESCE PERMANENTEMENTE SOB SOMBRA EM HABITAT DE FLORESTAS TROPICAIS (KUMAR, 1976). NO BRASIL, O CAFEEIRO, MELHORADO GENETICAMENTE AO LONGO DOS ANOS, É CULTIVADO COMERCIALMENTE A PLENO SOL, ENTRETANTO ESTA PRÁTICA TEM APRESENTADO PROBLEMAS COMO A BIENALIDADE, EVENTUAL SUPERPRODUÇÃO (PRODUÇÃO DE FRUTOS ACIMA DA CAPACIDADE SUPORTE DA PLANTA) E O CONSEQÜENTE DEPAUPERAMENTO DAS PLANTAS.

Uma das causas para o êxodo rural na cafeicultura é a oscilação do preço do café e o alto custo dos insumos. Uma alternativa a estes fatores e ainda aos prejuízos ecológicos causados pela monocultura é o cultivo do café em associação com árvores. Neste, o produtor tem outras opções de renda amenizando o prejuízo econômico causado pelas flutuações no preço do café, pode também reduzir os riscos de uma perda total da produção, além de distribuir melhor a demanda de mão-de-obra durante o ano, que é desejável na agricultura familiar e que é difícil de ocorrer na monocultura onde a tendência é concentrar as atividades em períodos específicos.

A exportação de nutrientes pelas culturas agrícolas, principalmente, nitrogênio, fósforo e potássio é maior que o aporte de nutrientes provenientes dos resíduos da poda e serapilheira nos sistemas agroflorestais. Porém nestes sistemas as perdas por erosão e lixiviação são menores. Portanto o uso de árvores em consórcio com culturas perenes pode ser o melhor acesso a sustentabilidade (AKONDÉ et al., 1999).

Há também nestes sistemas redução na incidência da seca de ponteiros; redução no número de capinas (menor desenvolvimento das gramíneas sob sombra) e redução das diferenças do ciclo bienal de produção do cafeeiro (FERNANDES 1986).

Outra vantagem é que os sistemas agroflorestais podem facilitar a conversão do manejo convencional dos cafezais em orgânico. Considerando que os alimentos orgânicos atingem melhores cotações no mercado, a produção destes pode representar para o produtor uma alternativa interessante na comercialização.

Os sistemas agroflorestais constituem-se em uma boa opção para os produtores rurais, uma vez que, representam uma nova perspectiva de modelo de uso da terra, e não uma simples técnica agrícola ou florestal que objetiva o aumento da produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo, produção e teores foliares de nutrientes dos cafeeiros, a evolução da fertilidade do solo e retenção de umidade, em sistemas de cultivo de café consorciado com níveis baixos de adubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O uso de árvores em consórcio com o café

De acordo com MUÑOZ (1997), para o cultivo do café consorciado com árvores a porcentagem de sombra recomendada é de 30 a 40%, dependendo das condições locais, principalmente altitude, exposição solar e fertilidade do solo da área cultivada. Segundo FERNANDES (1986), as condições que uma árvore deve reunir para sombrear o café são: ser adaptada às condições ecológicas da região; preferencialmente pertencer à família das leguminosas; ter crescimento rápido e vida longa; possuir folhagem que permita a filtração de raios solares; ter sistema radicular não superficial e que não concorra com as raízes do cafeeiro; não susceptíveis a pragas e doenças que possam comprometer o seu desenvolvimento; não ser exigentes em podas frequentes e condução; sem espinhos e resistentes aos ventos fortes; preferencialmente que produzam frutos de algum valor econômico; não susceptíveis a pragas e doenças que possam prejudicar o cafeeiro; não excessivamente concorrentes em água e nutrientes com o cafeeiro; sem perda das folhas nos períodos críticos de geadas e ventos frios.

No leste da Etiópia, o sistema agroflorestral é tradicionalmente praticado pelos agricultores em sete províncias produtoras de café. Foram encontrados cafeeiros (*Coffea arabica*) crescendo sob a sombra de algumas árvores. Um total de 15 espécies, representando 11 famílias, foram encontradas crescendo com o café. Das árvores, 69 % eram leguminosas ou *Ficus* spp (TEKETAY e TEGINEH,1991).

HERZOG (1994), observou na Costa do Marfim dependência, da população local pelos sistemas agroflorestrais. Verificou que das 41 espécies encontradas sombreando o café (*Coffea* spp.), 22 eram utilizadas para lenha e carvão, 16 forneciam madeira para construção civil, 19 forneciam produtos utilizados para preparo de remédios da medicina popular e 15 eram utilizada de algum modo como alimento humano. Este mesmo estudo demonstrou que a produção de café, neste tipo de sistema, era menor que no sistema tecnificado a pleno sol, porém era essencial para a manutenção da comunidade.

FASSBENDER et al. (1985) estudaram, na Costa Rica, os sistemas agroflorestais café (*Coffea arabica*) com *Cordia alliodora* e café com *Erythrina poeppigiana* durante 5 anos (1979 a 1984). No caso do sistema café com *E. poeppigiana* obtiveram para o café uma produção acumulada elevada (215,55 sc.ben/ha) e na combinação com *C. alliodora* a vantagem econômica estava na produção de madeira. Concluíram então que a aplicabilidade destes sistemas agroflorestais dependia de análise econômica a ser realizada com o avanço do experimento, quando as colheitas e vendas de madeira pudessem ser quantificadas a longo prazo.

2.2. Crescimento vegetativo e produção do cafeeiro em consórcio com árvores

O cafeeiro apesar do hábito umbrófilo pode ser identificado como uma espécie de sombra facultativa demonstrando ambas características de adaptação (à luz e à sombra) (FAHL et al., 1994).

Diferenças entre os dois sistemas quanto ao mecanismo fotossintético foram observadas. AKUNDA et al. (1979), constataram ligeira redução no teor de clorofila total em folhas de cafeeiro sombreado, entretanto o teor de clorofila b foi maior comparativamente à folhas de cafeeiro a pleno sol. Portanto nos plantios convencionais a razão clorofila a / clorofila b é maior que nos plantios adensados. A clorofila b é a principal coletora de luz do fotossistema II e o seu teor tem sido considerado uma medida da eficiência do aparelho fotossintetizante (TAIZ e ZIEGER, 1991; MOHR e SCHOPFER, 1995). FAHL et al. (1994) afirmaram que a ultraestrutura do cloroplasto é afetada pela irradiância, sendo que os cloroplastos de cafeeiro sombreado possuem mais tilacóides por granum que os de plantas à pleno sol. Encontraram ainda que as clorofilas a e b, a protoclófila e o conteúdo de clorofila total da folha eram maiores em cafeeiros a sombra (contrariamente ao observado por AKUNDA et al., 1979), entretanto a relação clorofila a/clorofila b não foi afetada.

De acordo com KIMENIA e NJOROGÉ, (1988) a sombra altera também o microclima com conseqüente alteração na temperatura do ar que é muito importante no controle do crescimento foliar, já que altas temperaturas diminuem a taxa fotossintética.

Quanto ao crescimento foliar ROMERO e MÉNDEZ (1994) afirmaram que os níveis de iluminação influenciaram no crescimento da folha do cafeeiro. A área foliar individual foi maior em condições intermediárias de luz (50% de luz solar total). Em cultivos a pleno sol ocorreu aumento da massa foliar específica e do número de estômatos por unidade de área foliar (VOLTAN et al., 1992).

A diferenciação floral é menor à sombra que a pleno sol (CASTILLO E LÓPEZ, 1966; CANNELL, 1976), o que atenua a bienalidade e a superprodução. MÉNDEZ et al. (1996) obtiveram produções maiores em cafeeiros a plena exposição solar quando comparados com cafeeiros sombreados. Por outro lado CARAMORI et al. (1995) afirmaram que a produção do cafeeiro depende do nível de sombreamento. ESTÍVARIZ e MUSCHLER (1998) observaram que a produção de café foi 41 % mais baixa na área com sombreamento entre 40-60% quando comparada àquelas com 20% de sombreamento. Já SOTO-PINTO et al. (2000) afirmaram que a densidade de árvores de sombra não afeta a produção do cafeeiro e sim a percentagem de cobertura de sombra.

Os frutos crescidos sob sombra possuem maior peso e tamanho, sendo esta uma característica desejável comercialmente. Segundo MÉNDEZ et al. 1996, a menor intensidade de luz recebida pelos cafeeiros sob sombra ocasiona uma menor evaporação de água aumentando assim a sua disponibilidade com conseqüente aumento na massa fresca dos grãos. Outro fator é que cafeeiros a pleno sol produzem um maior número de frutos, o que influi negativamente no tamanho e qualidade dos mesmos (KIMENIA et al. 1988 e BLANCO 1989).

2.3. Fertilidade dos solos em diferentes sistemas de cultivo de café

A intensa fertilização mineral nos trópicos tem sido freqüentemente criticada devido ao fato do regime hídrico com precipitações intensas ocasionar perdas de nutrientes por erosão e lixiviação (AKONDÉ et al., 1999).

Os efeitos das árvores no consórcio com culturas agrícolas na manutenção da fertilidade do solo podem ser considerados como um fator direto do controle da erosão devido a cobertura do solo fornecida pelas copas

das árvores e pela manta orgânica e do papel das árvores como barreira ao escoamento superficial (YOUNG 1997, citado por FRANCO, 2000). Além disto, quando o café é cultivado a pleno sol, aproveitam-se basicamente os nutrientes presentes na camada superficial do solo. Se o café for consorciado com plantas de raízes profundas, os nutrientes que estão mais profundos serão absorvidos e, pela reciclagem, poderão ficar disponíveis para serem utilizados pelo café (CHAMORRO et al., 1994). As árvores utilizadas no consórcio, principalmente se leguminosas, incorporarão nitrogênio ao sistema pela fixação simbiótica (MOGOLLÓN, 1997).

ROOSE e NDAYIZIGIYE (1997), em experimento nas montanhas da África tropical (Rwanda e Burundi) observaram que os sistemas agroflorestais foram eficientes no controle da erosão e lixiviação mas não aumentaram significativamente a produtividade do solo. Segundo os autores seria necessário corrigir a acidez do solo, a toxidez de alumínio e a deficiência de fósforo.

PAVAN et al. (1986) observaram em cafezais que a prática do manejo da cobertura do solo com material vegetal na linha de plantio e ceifa do mato nas entrelinhas proporcionou aumento de pH em até 0,8 unidades na superfície do solo (0-20 cm) e incremento nos teores de Ca, Mg e K.

2.4. Umidade do solo em cultivos de café consorciados com árvores

Quanto à disponibilidade de água no solo em cultivos de café consorciado com árvores existem poucos trabalhos.

O fluxo de água começa com seu ingresso no sistema. Esta pode atravessar diretamente o dossel e chegar ao solo, pode ser depositada nas folhas para posteriormente ser evaporada (interceptação) ou pode deslizar pelas folhas, ramos e tronco até ao solo. Quando chega ao solo pode seguir um ou mais dos seguintes caminhos: a) permanecer no solo variando o seu conteúdo de umidade; b) ser absorvida pelas raízes das plantas e logo ser transpirada; c) se mover lateralmente como escoamento superficial; d) se mover verticalmente em direção descendente saindo do sistema como água de percolação (IMBACH et al., 1989).

Em um sistema agroflorestal os benefícios são a redução da evaporação na ordem de 20 a 30%, registrada para quebra-ventos, e diminuição do escoamento superficial em terras inclinadas aumentando, desta forma, a quantidade de água infiltrada e a eficiência do uso da água (YOUNG, 1989 e NARAIN et al., 2000).

Alguns autores como SINGH et al. (1989), ANDERSON et al. (1992) e ONG et al. (1992) afirmam que no sistema agroflorestal ocorre competição pelos recursos disponíveis diminuindo o rendimento e o crescimento dos cultivos perenes ao esgotar a água do solo, em desacordo com JARAMILLO e CHAVES (1999) que em experimento na Sede Central do Cenicafé, Colômbia, observaram que os solos dos cafezais sombreados com Ingá (*Inga sp.*) não apresentaram deficiência de água durante os períodos críticos e que nos cafezais a pleno sol ocorreram deficiências severas.

NJOROGE e KIMENIA (1993) compararam uma cobertura de *Desmodium intortum* com café com um “mulch” de *Pennisetum purpureum* em vários níveis de fertilização e observaram que a umidade do solo foi igual em todos os tratamentos e que os tratamentos com *D. intortum* controlaram melhor a erosão durante o estudo de 8 anos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Universidade Federal de Viçosa, situada à 581 m de altitude, 20° 45' Sul e 42° 51' Oeste. A temperatura média e a precipitação média anuais, no período compreendido entre 1995 e 1999, foi de 21,6°C e 1.188,4 mm, respectivamente.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilo-arenosa, com declividade média de 30 % e exposição noroeste. No Quadro 1 encontra-se a análise química do solo na profundidade de 0-20 cm, na ocasião da instalação do experimento.

Quadro 1 – Análise química do solo (ano de 1995)⁽¹⁾

ANÁLISE QUÍMICA												
rof.	H H ₂ O	l		a	g	+Al	B	CTC Efeti va Total				
	--cm--	-----mg dm ³ -----				cmolc/dm ³	-----	-----%-----				
-20	,89	,44	2,31	,63	,3	,61	,95	,05	,68	,00	9,23	5,74

⁽¹⁾ pH: 1:2, 5 KCl; P e K: Extrator Mehlich 1; Al, Ca e Mg: Extrator KCl 1 mol/L; H + Al: Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L pH 7,00; SB: Soma de Bases Trocáveis; V: Índice de Saturação de Bases; m: Índice de Saturação de Alumínio; CTC: Capacidade de Troca Catiônica.

Antes da instalação do experimento manteve-se na área, por aproximadamente 20 anos, a cultura do eucalipto e, após o corte das árvores, a área permaneceu em pousio durante 2 anos.

O experimento foi implantado no dia 23 de fevereiro de 1995, em Delineamento de Blocos Casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas, cada uma com 224 m² de área total e com 96 m² de área útil. As mudas de café e das espécies usadas no consórcio foram dispostas da seguinte forma:

- Café em espaçamento de 4m entre linhas e 2m entre covas
- Demais espécies nas entrelinhas do café, em espaçamento de 4 x 4m.

Foram estudados 4 tratamentos (Quadro 2).

Quadro 2 – Espécies e as respectivas densidades utilizadas em cada tratamento

TRATAMENT O	CAFÉ	FEDEGOSO	BANANEIRA	IPÊ PRETO
1	28 Plantas	_____	_____	_____
2	28 Plantas	12 Plantas	_____	_____
3	28 Plantas	6 Plantas	6 Plantas	_____
4	28 Plantas	4 Plantas	4 Plantas	4 Plantas

Café (*Coffea arabica* L. cv. Catuai), Fedegoso (*Senna macranthera* DC. ex Collad. Irwin et Bameby), Banana (*Musa sp.*) e Ipê Preto (*Zeihera tuberculosa* Bur. ex Verlot).

O fedegoso possuiu no sistema a função de proteção do solo, a bananeira teve como finalidade a produção de frutos e o ipê preto a obtenção de lenha, carvão e madeira. As características botânicas destas espécies estão descritas no Quadro 3.

Em todas as parcelas onde o café encontrava-se consorciado foram implantadas espécies de plantas anuais e semiperenes nas entrelinhas, durante o período experimental. O milho (*Zea mays*) foi plantado no início da estação chuvosa de 1995 utilizando-se 4 sementes por metro de sulco, com a finalidade de produzir grãos, sendo que os restos culturais foram utilizados

Quadro 3 – Características botânicas do fedegoso, banana e ipê preto

Espécies	Família	Características Morfológicas	Informações ecológicas
Bananeira**	Musacea	Altura de 7-8m, folhas com limbo até 2,5m de comprimento e 0,8m de largura	Adecídua
Fedegoso*	Leguminosae-Caesalpinoideae	Altura de 6-8m, folhas compostas de 2 pares de folíolos opostos	Heliófita, pioneira e semidecídua
Ipê Preto*	Bignoniaceae	Altura de 15-23m, folhas compostas, de 40-60cm de comprimento, sustentadas por pecíolo de 20-2cm; folíolos em número de 5	Heliófita, pioneira e semidecídua ou decídua durante o inverno

*: LORENZI, 1992.

** : PIO CORREA, 1984.

como cobertura morta. Em fevereiro de 1997 foram introduzidos: feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC) .) em espaçamento de 0,4 m entre covas, e guandu (*Cajanus cajan* Millsp.) em espaçamento de 0,65 m entre covas, com o objetivo de proteger o solo, adubação verde e fixação do nitrogênio. Na estação chuvosa de 1998 foi plantado capim elefante (*Pennisetum purpureum*) para melhorar a proteção do solo em razão de ser o seu material orgânico de baixa velocidade de decomposição.

Durante o período experimental foram realizadas capinas no tratamento a pleno sol e ceifa do mato nos demais tratamentos. Em junho de 1997, julho de 1998 e julho de 1999 foram realizadas podas no fedegoso, na bananeira e no guandu para aumentar a penetração de luz nas plantas de café e propiciar um maior florescimento e também para reduzir a competição por água. O material vegetal resultante das podas era picado e colocado ao redor do cafeeiro.

As calagens e as adubações de plantio e de cobertura nos anos agrícolas 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998 e 1998/1999 seguiram o cronograma do Quadro 4. Em todos os tratamentos as adubações e as

calagens foram realizadas somente nos cafeeiros sendo a aplicação em círculo ao redor da planta.

A necessidade de calagem foi calculada pelo método do Al^{+3} e Ca^{+2} + Mg^{+2} trocáveis, usando-se a fórmula $NC = Al \times 3 + [3 - (Ca + Mg)]$. Nos tratamentos consorciados a calagem realizada foi de 2/3 da necessidade de calagem.

As adubações de instalação e dos anos agrícolas 1995/1996 e 1996/1997 no tratamento a pleno sol, foram feitas segundo BRASIL IBC (1986), onde recomenda-se para o plantio, 2,5-5 g de N; 30-40 g de P_2O_5 e 10-20 g de K_2O . Para o primeiro ano a recomendação é 10-20 g de N e 10-20 g de K_2O , e no segundo ano a recomendação é 40-80 g de N e 40-80 g de K_2O .

As adubações dos demais anos agrícolas foram feitas de acordo com a produção esperada (p.e.), segundo MATIELLO (1991). A produção esperada no ano agrícola 1997/1998, foi de 1 sc/ha e no ano agrícola 1998/1999 foi de 8 sc/ha para o tratamento a pleno sol e de 2 sc/ha para os tratamentos consorciados.

Nos tratamentos consorciados a adubação mineral de cobertura do cafeeiro iniciou-se no segundo ano de cultivo utilizando-se a quarta parte da adubação recomendada. Na adoção deste critério, buscou-se encontrar um nível de adubação que satisfizesse nutricionalmente a condição sombreada destes cafeeiros, considerando que o requerimento nutricional do cafeeiro sombreado é menor.

As adubações foliares do cafeeiro seguiram o histórico do Quadro 5.

3.1. Avaliações

As avaliações iniciaram-se no ano agrícola de 1997, após 2 anos de manejo diferenciado entre os tratamentos. Somente a evolução da área foliar foi avaliada a partir de 1995.

Quadro 5 – Histórico de adubações foliares dos anos de 1996 a 1999

DATA DA APLICAÇÃO	TRATAMENTOS	ADUBAÇÃO FOLIAR
Março 1996	1	Borax a 0,5%; KCl a 0,5%; Sulfato de Zinco a 0,5%; Oxidocloreto de Cu a 0,5%, na calda
	2; 3 e 4	
Outubro 1996	1	Borax a 0,5%; KCl a 0,5%; Sulfato de Zinco a 0,5%; Oxidocloreto de Cu a 0,5%, na calda
	2; 3 e 4	Super Magro (10%)*
Outubro 1997	1; 2; 3 e 4	Sulfato de Zinco a 2%; KCl a 1,7%; Oxidocloreto de Cobre a 1%, na calda
Dezembro 1997	1; 2; 3 e 4	Sulfato de Zinco a 2%; KCl a 1,7%; Oxidocloreto de Cobre a 1%, na calda
Fevereiro 1998	1; 2; 3 e 4	Sulfato de Zinco a 2%; KCl a 1,7%; Oxidocloreto de Cobre a 1%, na calda
Janeiro 1999	1; 2; 3 e 4	Sulfato de Zinco a 0,5%; KCl a 0,5%; Ácido Bórico a 0,3%, na calda
Setembro 1999	1; 2; 3 e 4	Sulfato de Zinco a 0,5%; Ácido Bórico a 0,5%; Oxidocloreto de Cobre a 0,5%, na calda

* Composição do “super magro”: sulfato de zinco; sulfato de magnésio; sulfato de manganês; sulfato de cobre; cloreto de cálcio; bórax; ácido bórico; sulfato de cobalto; molibdato de sódio; sulfato de ferro; soro de leite; melão de cana; sangue; farinha de conchas; calcário; fosfato de araxá.

3.1.1. Irradiância

Medida à partir de 1998 utilizando-se o fotômetro (LI-COR, LI-185B). Em 1999 utilizou-se Ceptômetro Sunfleck (Decagon, Delta – T Devius Ltd., Cambridge, UK). Os dados foram coletados no mesmo dia, às 9:00 e às 12:00 h, com o tempo máximo de uma hora para percorrer toda a área experimental. A leitura do aparelho, fornecendo a luz fotossinteticamente ativa (PAR) ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), foi realizada ao nível da copa do cafeeiro em três locais por parcela, previamente determinados, situados na mesma posição em todos os tratamentos. Nestes locais, para a realização das leituras com o fotômetro, traçou-se uma linha reta, com o auxílio de uma vara de 2m dividida em seções de 20 cm, obtendo-se, com esta, 10 pontos de leitura, totalizando 30 medições

por parcela. Com o uso do Ceptômetro de vara este procedimento não se fez necessário.

As leituras dos dias 15/07/1998 e 11/06/1999 foram realizadas antes da poda das espécies consorciadas.

A percentagem de irradiação dos tratamentos consorciados foi calculada tomando-se como 100% de irradiância os valores obtidos no tratamento a pleno sol.

3.1.2. Crescimento vegetativo

Foram amostradas cinco plantas por parcela, em todos os tratamentos, para avaliação do crescimento vegetativo do cafeeiro.

A área foliar total (AFT) ($m^2/planta$) foi determinada pelo produto do maior comprimento da folha pela sua maior largura e multiplicado pela constante 0,667 (BARROS et. al. 1972), utilizando-se uma régua. No ano de 1995 e 1996 foram medidas todas as folhas das cinco plantas amostradas por parcela. No ano de 1997 e 1998, foram marcados dois ramos plagiotrópicos no terço médio das plantas de café e o ramo ortotrópico, totalizando dez ramos plagiotrópicos e cinco ortotrópicos por parcela. Dos ramos ortotrópicos foram medidos a altura da haste (AHO) (cm), utilizando régua; o número de entrenós (NEHO), por contagem; e o diâmetro do caule (DBC) (mm), a uma distância de aproximadamente 10 cm da base, utilizando-se paquímetro. Dos ramos plagiotrópicos primários foram medidos o comprimento (CRPP) (cm), o número de entrenós (NERPP) e a área foliar total ($m^2/planta$). A área foliar total foi estimada através do produto do número de entrenós do ramo ortotrópico pela área foliar dos ramos avaliados.

A taxa de crescimento relativo da área foliar total ($cm^2/cm^2/dia$) foi obtida através da fórmula descrita por FERRI (1985):

$$TCR_{AFT} = \frac{\ln AFT_{1998} - \ln AFT_{1995}}{DIAS}$$

3.1.3. Produção

Na ocasião da colheita nos anos de 1998 e 1999, os grãos de café da parcela útil (doze plantas) em todos os tratamentos foram pesados em balança de precisão, obtendo-se assim para cada parcela o peso da massa fresca total.

3.1.4. Teores foliares de nutrientes do cafeeiro

A amostragem de folhas para a análise química foi feita nos anos de 1998 e 1999 conforme indicações de MALAVOLTA et al. (1989), selecionando-se oito plantas ao acaso, por parcela. Dos ramos com produção localizados no terço médio da planta, foram retirados o terceiro par de folhas, a partir do ápice do ramo, nos quatro pontos cardeais. Após lavagem com água destilada, foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, até peso constante. As folhas, então, foram moídas, passadas em peneira de 20 malhas pol.^{-2} , em seguida, armazenadas com processamento das análises no ano de 2000.

As amostras foram submetidas a digestão nítrico perclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959) para as análises de P, K, Ca, Mg e S; à digestão sulfúrica (JACKSON, 1958), para análise de N-amoniaco; e à extração com água em banho-maria a 45°C, durante uma hora, para análise de N-NO_3^- . O N-amoniaco foi determinado pelo método de Nessler (JACKSON, 1958); o NO_3^- foi determinado de acordo com (CATALDO et al., 1975); o teor de P pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA E DEFELIPO (1974); o teor de K, por fotometria de chama; o S por turbidimetria (BLANCHARD et al., 1965); e os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo AOAC (1975).

3.1.5. Características químicas do solo

Nos anos de 1995 e 1996, foram retiradas, ao acaso, 3 amostras simples para formar uma composta, por bloco, às profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm para análise química de rotina.

Para a análise química do solo nos anos de 1997, 1998 e 1999 foram retiradas, ao acaso, 3 amostras simples para formar uma composta em cada parcela. Foram retiradas 1 amostra simples na projeção da copa do cafeeiro, 1 amostra simples entre as plantas de café e 1 amostra simples entre as linhas, às profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm.

3.1.6. Umidade do solo

Foram retiradas, nas entrelinhas de plantio do cafeeiro, uma amostra simples por parcela às profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm nas seguintes datas: 31/03, 29/04, 02/06, 03/08, 09/08, 20/08, 27/08, 03/09, 17/09 e 08/10/99. As amostras foram encaminhadas ao laboratório e a massa úmida da amostra mensurada em balança de precisão, sendo posteriormente colocadas em estufa a 105°C até peso constante. Através do peso da massa seca foi determinada a percentagem de umidade a base de peso.

A capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram determinadas em amostras de terra fina seca ao ar, submetidas à pressão de 0,3 bar (CC) e 15 bar (PMP) (EMBRAPA, 1979), às profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm.

Os dados da temperatura, precipitação, e umidade relativa do ano de 1999 estão nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Estes foram coletados na Estação Meteorológica de Viçosa, MG, localizada a cerca de 5 Km da área experimental.

3.2. Análise estatística

A ANÁLISE ESTATÍSTICA DO EXPERIMENTO FOI REALIZADA COM O APOIO DO PROGRAMA SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS (SAEG), DA CENTRAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS DA UFV. OS DADOS FORAM SUBMETIDOS A ANÁLISE DE VARIÂNCIA. PARA A ANÁLISE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES DO CAFEEIRO E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, QUANDO A RELAÇÃO ENTRE O MAIOR E MENOR VALOR ENCONTRADO PARA O QUADRADO MÉDIO DO RESÍDUO FOI

MENOR OU IGUAL A CINCO PROCEDEU-SE A ANÁLISE CONJUNTA.
INDEPENDENTE DA

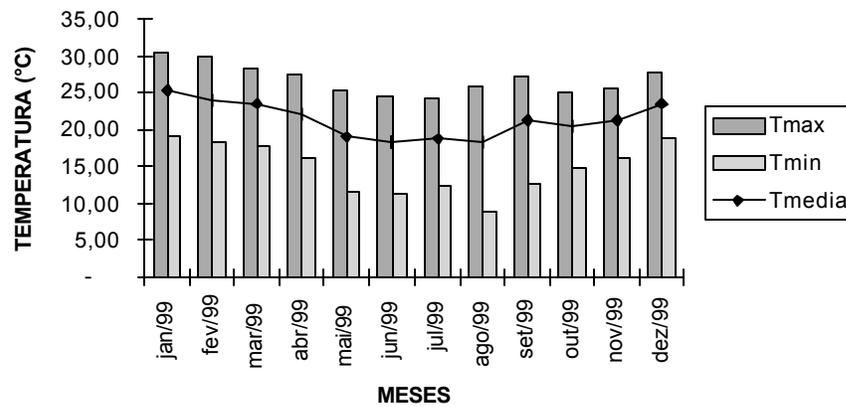


Figura 1 – Temperaturas máxima, média e mínima obtidas na Estação Meteorológica de Viçosa, MG no ano 1999.

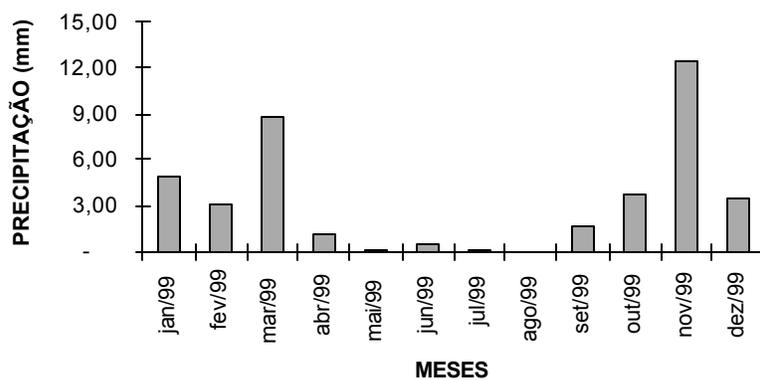


Figura 2 – Média mensal da precipitação pluvial diária (mm) obtidas na Estação Meteorológica de Viçosa, MG no ano 1999.

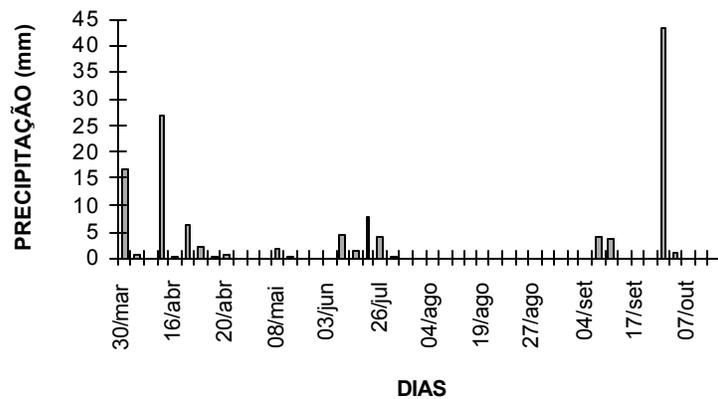


Figura 3 – Precipitação pluvial diária, do período de amostragem para a determinação da umidade do solo, obtidas na Estação Meteorológica de Viçosa, MG no ano 1999.

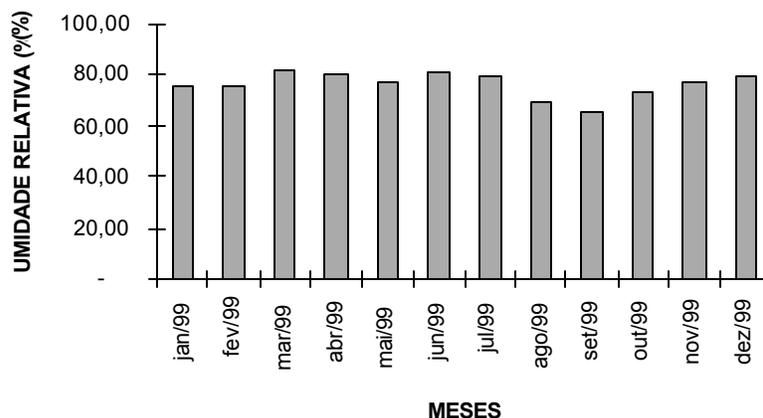


Figura 4 – Umidade relativa do ar obtidas na Estação Meteorológica de Viçosa, MG no ano de 1999.

INTERAÇÃO SER OU NÃO SIGNIFICATIVA OPTOU-SE PELO ESTUDO DO DESDOBRAMENTO DA MESMA. AS MÉDIAS FORAM COMPARADAS UTILIZANDO-SE O TESTE TUKEY AO NÍVEL DE 10% DE PROBABILIDADE. PARA A ANÁLISE DA UMIDADE DO SOLO, O EXPERIMENTO FOI DISPOSTO SEGUNDO UM ESQUEMA DE PARCELAS SUBDIVIDIDAS, TENDO NAS PARCELAS OS TRATAMENTOS (T1, T2, T3, E T4) E NAS SUBPARCELAS OS DIAS APÓS O INÍCIO DO PERÍODO SECO (1, 7, 18, 25 E 32) QUE CORRESPONDERAM AS DATAS DE 03, 09, 20 E 27 DE AGOSTO E 03 DE SETEMBRO DE 1999, RESPECTIVAMENTE, ARRANJADO NO DELINEAMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS COM 4 REPETIÇÕES. ESTAS DATAS, DENTRE AS 10 DATAS DE COLETA, FORAM ESCOLHIDAS POR REPRESENTAREM O MAIOR PERÍODO SEM CHUVAS (FIGURA 3). OS DADOS FORAM ANALISADOS POR MEIO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA E DE REGRESSÃO. OS MODELOS ESCOLHIDOS, PARA O FATOR QUANTITATIVO FORAM BASEADOS NA SIGNIFICÂNCIA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO UTILIZANDO-SE O TESTE DE “T” AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE, NO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E NO FENÔMENO EM ESTUDO.

Avaliaram-se as variações ocorridas nas características do solo entre os anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999. Houve necessidade de

transformar os dados para obter-se distribuição normal e homogeneidade de variâncias. O Quadro 6 apresenta as transformações efetuadas em cada caso.

Quadro 6 – Equações utilizadas na transformação das diferenças

VARIÁVEL	TRANSFORMAÇÃO UTILIZADA		
	1997 – 1998	1998 – 1999	1995 – 1999
Fósforo	RQ (X+40) ←	RQ (X+20)	RQ (X+20)
pH em água	RQ (X+2)	RQ (X+2)	RQ (X+2)
Saturação de Alumínio	RQ (X+40)	RQ (X+50)	RQ (X+40)
Potássio	RQ (X+164)	RQ (X+85)	RQ (X+200)
Cálcio	RQ (X+3)	RQ (X+1)	RQ (X+2)
Magnésio	RQ (X+2)	RQ (X+1)	RQ (X+1)

← RQ: Raiz Quadrada.

Para a análise da produção dos grãos de café também houve necessidade de transformar os dados para obter-se distribuição normal e homogeneidade de variâncias. A transformação utilizada foi Log (x).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Irradiância

Observa-se pelo Quadro 7, que os tratamentos 2 e 3 receberam 37 a 34% respectivamente menos luz que o tratamento 1, enquanto que o tratamento 4 recebeu 18 a 26% menos luz que o tratamento 1, o que evidencia a maior eficiência do fedegoso e da bananeira no sombreamento do cafeeiro em relação ao ipê preto. Tal fato deve-se as características das plantas de sombra (Quadro 3).

Quadro 7 – Porcentagem (%) de irradiância ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) nos dias 15/07/1998 e 11/06/99 para os respectivos tratamentos

TRATAMENTOS	15/07/98		11/06/99	
	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	%	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	%
	1		1	
Café (T1)	749	100	887	100
Café e Fedegoso (T2)	473	63	571	64
Café, Fedegoso e Banana (T3)	491	66	587	66
Café, Fedegoso, Banana e Ipê preto (T4)	613	82	653	74

Os valores de irradiância encontrados foram obtidos no topo da copa do cafeeiro, onde foram realizadas as medições. Não foram realizadas medições a nível do solo que considerariam o auto sombreamento do cafeeiro. Observou-se nas parcelas sombreadas “perda da saia” por algumas plantas o que pode estar relacionado à baixa luminosidade. Inferiu-se daí que a irradiância nos tratamentos consorciados pode não ter sido suficiente para o processo fotossintético.

4.2. Crescimento vegetativo

Não houve efeito do consórcio sobre a altura e crescimento do ramo plagiotrópico primário nos anos de 1997 e 1998 (Quadro 8). Também não houve efeito do consórcio sobre o número de entrenós do ramo plagiotrópico primário e para o crescimento do diâmetro da base do caule no ano de 1997 (Quadro 8). O número de entrenós da haste ortotrópica do tratamento a pleno sol foi maior que a do tratamento 3 nos dois anos analisados. No ano de 1998 o número de entrenós do ramo plagiotrópico primário e o diâmetro da base do caule do tratamento a pleno sol também foram superiores aos do tratamento 3 (Quadro 8). O mesmo padrão é observado para a área foliar total no ano de 1998 (Quadro 9), taxa de crescimento relativo da área foliar total (Quadro 10) e produção do cafeeiro (Quadro 11). Observa-se também que dentre os tratamentos consorciados as maiores médias obtidas são as do tratamento 4. O melhor desempenho do tratamento a pleno sol quando comparado aos demais tratamentos deve-se as maiores quantidades de fertilizantes aplicados (Quadro 4), a maior incidência de luz recebida por este tratamento (Quadro 7) e a ausência de competição por nutrientes e água com outras espécies o que pode ter ocorrido nos tratamentos consorciados. Dentre os tratamentos consorciados, as maiores médias obtidas pelo tratamento 4 foram decorrência da maior irradiância (Quadro 7), já que todos os tratamentos consorciados receberam a mesma quantidade de fertilizantes.

CUMBA et al. (1992), em experimento com diferentes níveis de sombreamento, não encontraram diferença na altura das plantas de café. CARELLI e FAHL (2000), também não encontraram diferenças na altura entre plantas a pleno sol ($1500 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e a 50% de luz solar ($620 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$),

Quadro 9 – Valores médios da Área Foliar Total de cafeeiro a pleno sol e em consórcio nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998

TRATAMENTOS	ÁREA FOLIAR TOTAL (m ² /Planta)			
	1995	1996	1997	1998
Café (T1)	0,102 a	0,378 a	2,075 a	6,815 a
Café e Fedegoso (T2)	0,120 a	0,305 a	1,545 a	3,769 bc
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,108 a	0,275 a	1,316 a	2,288 c
Café, Fedegoso, Banana e Ipê preto (T4)	0,154 a	0,463 a	1,615 a	5,432 ab
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	27,94	53,37	38,41	35,06

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Quadro 10 – Valores médios da Taxa de Crescimento Relativo da Área Foliar Total (cm²/cm²/dia) de cafeeiros a pleno sol e em consórcio entre os anos de 1995 e 1998

TRATAMENTOS	Taxa de Crescimento Relativo da Área Foliar Total
Café (T1)	0,0030 a
Café e Fedegoso (T2)	0,0023 b
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,0021 b
Café, Fedegoso, Banana e Ipê preto (T4)	0,0024 b
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	11,99

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

porém 30% de luz ($290 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) prejudicou o crescimento do cafeeiro. ALPIZAR et al. (1985), observaram que o crescimento do cafeeiro diminuiu consideravelmente quando a porcentagem de luz foi inferior a 30%. Entretanto CASTRO et al. (1961) encontraram maior altura das plantas de café sob sombra, quando comparados com cafeeiros a plena exposição solar.

CUMBA et al. (1992), não encontraram diferença para diâmetro do caule embora CASTRO et al. (1961) e ESTÍVARIZ e MUSCHLER (1998), tenham obtido maior diâmetro da base do caule em cafeeiro a pleno sol. Verificaram também que o número de entrenós do ramo plagiotrópico primário foi menor sob sombra.

A área foliar total das plantas de café foi aumentando com a idade (Quadro 9). Os resultados dos anos de 1995 e 1996 refletem o lento crescimento inicial do cafeeiro e a ausência de efeito de tratamento, uma vez que as espécies consorciadas e o cafeeiro ainda não haviam se desenvolvido o suficiente. A partir de 1997, quando as espécies utilizadas nos tratamentos consorciados começaram a apresentar altura superior à do café, o sombreamento (Quadro 7) passou a exercer influência negativa sobre a área foliar total do cafeeiro. Já a partir de 1998 o tratamento a pleno sol apresentou a maior área foliar total. Este tratamento também teve a maior Taxa de Crescimento Relativo da área foliar total (Quadros 9 e 10). Admitindo-se que plantas desenvolvidas sob sombra emitem folhas maiores (BAYARD, citado por ROMERO e MÉNDEZ, 1994), as plantas dos tratamentos sombreados teriam uma área foliar superior à do tratamento a pleno sol. Entretanto, a razão pela qual a área foliar total dos tratamentos consorciados tenha sido menor (Quadro 9) deve-se ao maior número de folhas apresentado pelas plantas a pleno sol.

Outro fator que pode ter influenciado na menor área foliar dos tratamentos consorciados foi a menor quantidade de fertilizantes aplicados comparativamente ao tratamento a pleno sol (Quadro 4) e/ou a competição por água e nutrientes entre as espécies consorciadas e o cafeeiro.

4.3. Produção

No ano de 1998 a produção foi bastante incipiente e irregular, havendo pequeno número de frutos em algumas plantas.

As produções obtidas em todos os tratamentos foram baixas nas primeiras colheitas (Quadros 11). Para o tratamento 1 tal fato pode ser atribuído principalmente ao espaçamento utilizado entre os cafeeiros (4m x 2m) que resultou em baixa densidade de plantas. GUIMARÃES et al. 1999, indicam produtividade média de 20 a 30 sacas para stands ao redor de 2.500 plantas/ha. No presente trabalho o stand foi de 1.250 plantas/ha, o que justifica, em parte, a produtividade de 10,2 sc/ha. A nutrição também foi responsável pela baixa produtividade. A maior produção (Quadros 11) apresentada pelo café a pleno sol está relacionada portanto à maior quantidade de adubo que recebeu (Quadro 4) e à maior incidência de luz, relativamente aos tratamentos consorciados (Quadro 7) já que a diferenciação floral do café a pleno sol é maior (CASTILLO e LÓPEZ, 1966 e CANNELL, 1976).

Para os tratamentos consorciados a baixa produtividade está associada aos níveis de adubação empregados, a concorrência com as outras espécies presentes nestes tratamentos e à quantidade de luz recebida.

4.4. Teores foliares de nutrientes do cafeeiro

Verificaram-se que, excetuando-se o cálcio no ano de 1998, o potássio, o cálcio e o magnésio em 1999, para os demais elementos analisados, e para os dois anos, os nutrientes apresentavam valores próximo do recomendado por MENEZES (2001) (Quadro 12). O relativamente bom estado nutricional dos cafeeiros nos tratamentos consorciados, mesmo recebendo a quarta parte da adubação recomendada, está relacionado com o crescimento e produção baixos, e possivelmente com a melhor conservação dos nutrientes nestes sistemas (Quadros 9, 10 e 11).

Para o ano de 1999 observa-se que no tratamento café e fedegoso os valores encontrados para nitrogênio estavam dentro do recomendado, o que não ocorreu com o tratamento café, fedegoso e banana e o tratamento café, fedegoso, banana e ipê preto. Este fato pode ser atribuído à presença do fedegoso que, por ser uma leguminosa fixa nitrogênio, enquanto que nos demais tratamentos consorciados a presença da banana, mais exigente nutricionalmente, fez com que os teores de nitrogênio diminuíssem.

Os teores de fósforo e enxofre encontrados no ano de 1999 para o tratamento a pleno sol foram inferiores aos dos demais tratamentos por ter este apresentado maior produção.

Para o ano de 1999 observa-se que o teor de potássio nos tratamentos 1, 3 e 4 estão abaixo do recomendado. O cafeeiro em produção, assim como a bananeira, são culturas bastante exigentes neste nutriente, o que justifica os teores encontrados.

Os teores de cálcio no ano de 1998, em todos os tratamentos, encontram-se abaixo do recomendado. No ano de 1997, realizou-se uma calagem e no ano de 1998 a calagem não foi realizada (Quadro 4). Observa-se que a calagem realizada em 1997 não foi suficiente para suprir o cálcio nas duas safras. Observa-se também que os teores de potássio no ano de 1998 estão no limite superior, pode ter ocorrido então, competição por cátions. No ano de 1999 os teores de cálcio, em todos os tratamentos aumentaram em decorrência da calagem realizada neste ano, porém esta não foi suficiente para que os teores do elemento atingissem os valores recomendados.

4.5. Características químicas do solo

Nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 encontram-se os valores médios obtidos para fósforo, pH, saturação de alumínio; potássio, cálcio, magnésio no solo nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 às profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm.

Nos Quadros 13, 14, 15, 16, 17 e 18 encontram-se as diferenças entre os pares de anos. O sinal negativo que antecede os valores indica que ocorreu um aumento no teor do elemento no solo em relação ao ano anterior. O aumento do teor do elemento está relacionado à adubação e reciclagem pelas plantas do consórcio.

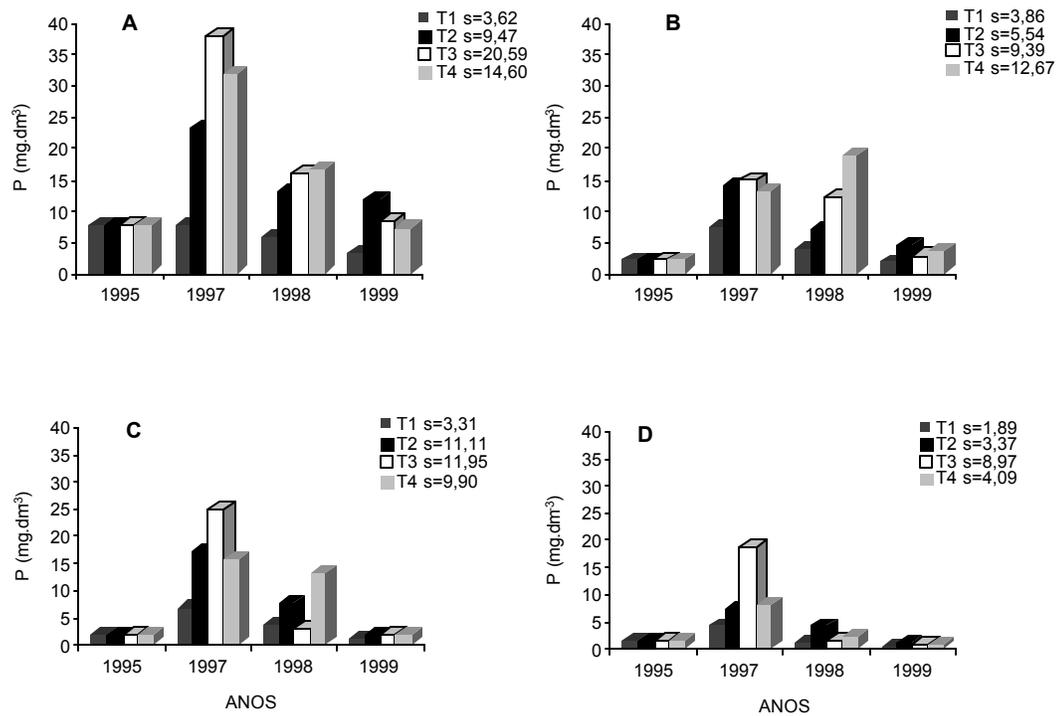


Figura 5 – Valores médios do fósforo (mg.dm^{-3}) por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

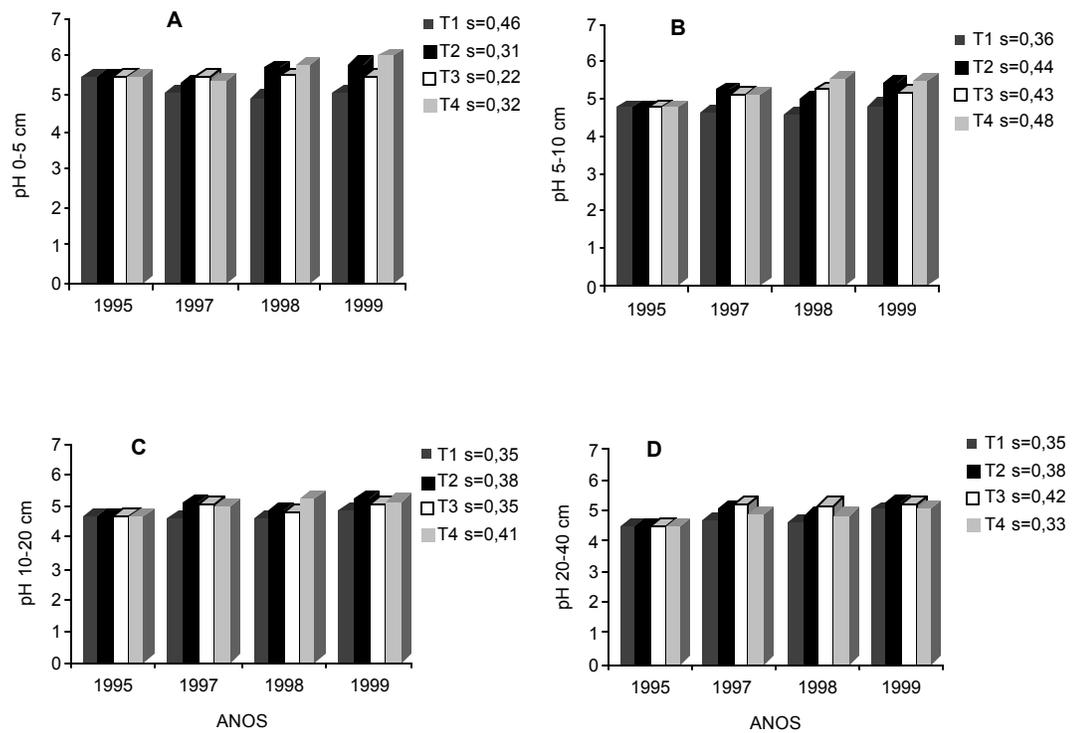


Figura 6 – Valores médios do pH do solo por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

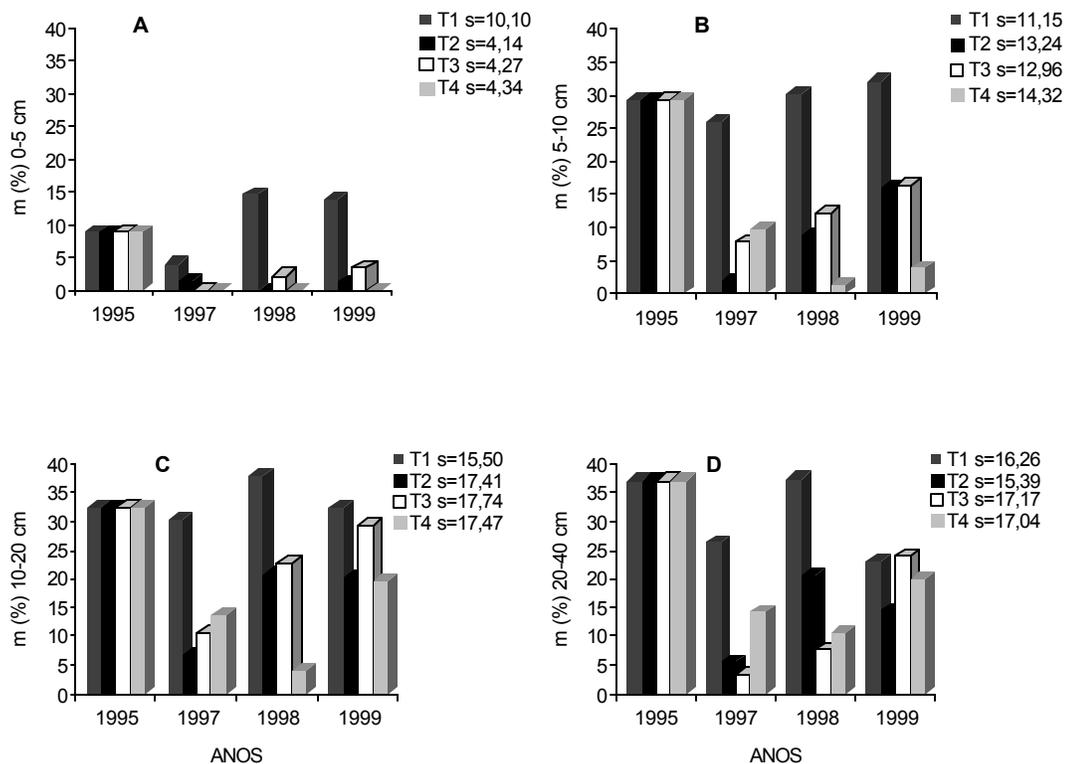


Figura 7 – Valores médios da saturação de alumínio (%) por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

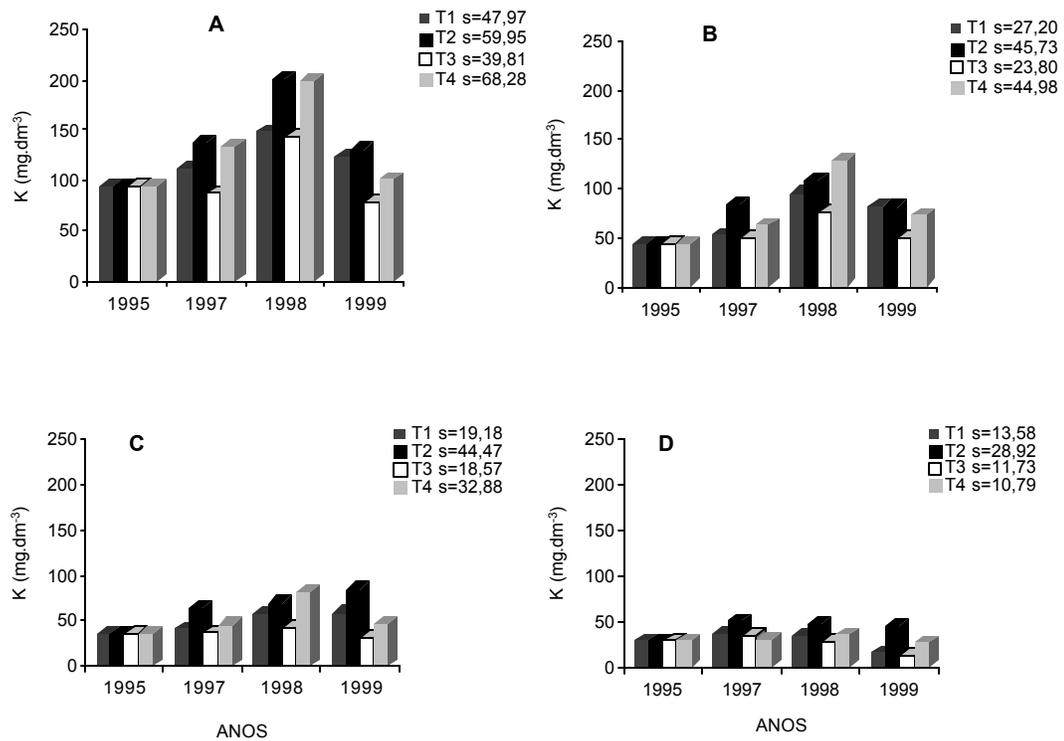


Figura 8 – Valores médios do potássio (mg.dm^{-3}) por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

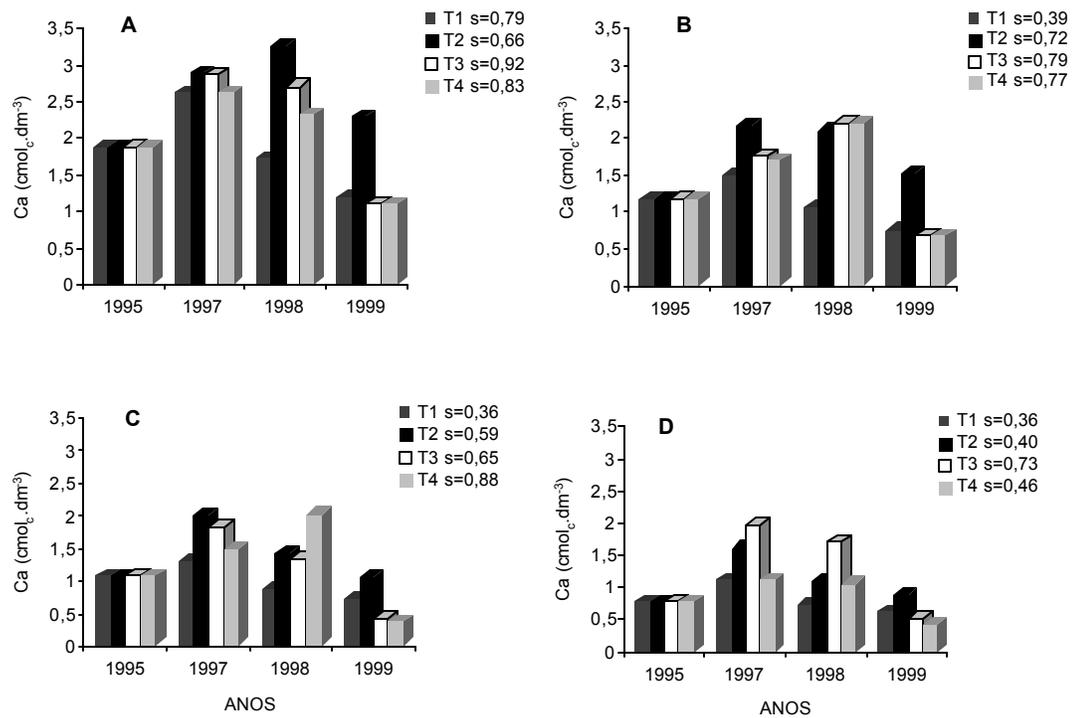


Figura 9 – Valores médios do cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

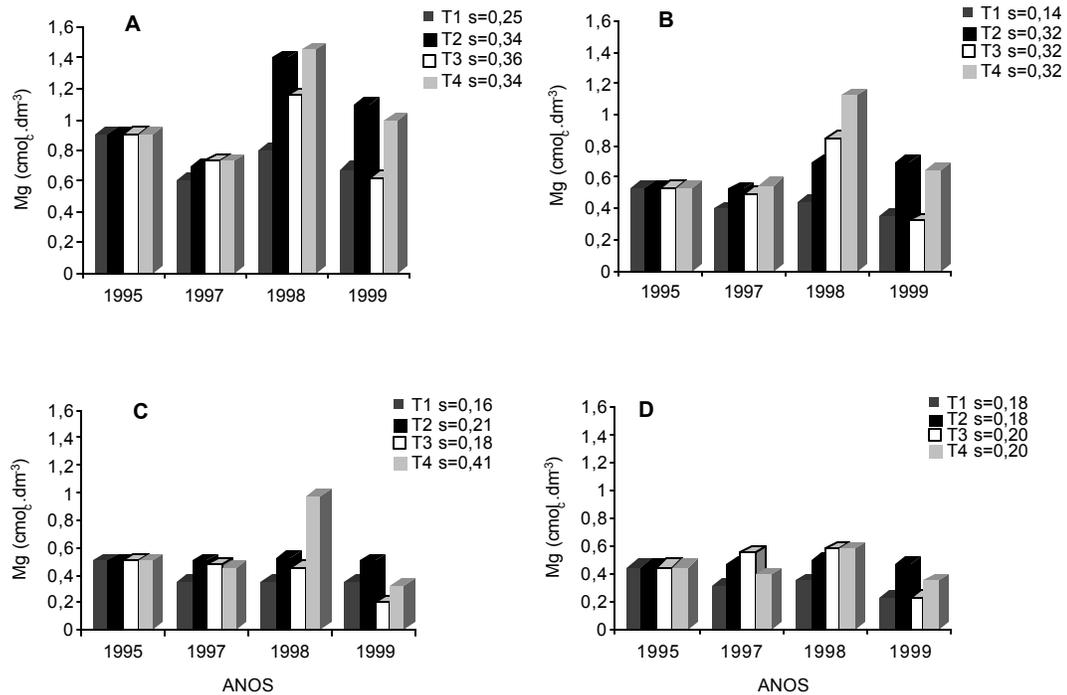


Figura 10 – Valores médios do magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) por tratamento, às profundidades de 0 a 5 (A), 5 a 10 (B), 10 a 20 (C) e 20 a 40 (D) cm, nos anos de 1995, 1997, 1998 e 1999 e os respectivos desvios padrão (s).

4.5.1. Fósforo

Para todos os tratamentos e em todas as profundidades observa-se que a concentração de fósforo no solo aumentou até o ano de 1997, decrescendo a seguir. Para o tratamento a pleno sol os teores foram sempre inferiores à 10 mg.dm^{-3} tido como limite inferior da faixa adequada para a cultura por MALAVOLTA (1986). Para os consorciados, na camada de 0 a 5 cm, os teores foram superiores a 10 mg.dm^{-3} até o ano de 1999 e na camada de 5 a 10 cm até o ano de 1998 (Figura 5). Tal fato pode ser atribuído ao uso de fosfato natural e termofosfato por ocasião da implantação do experimento, para os tratamentos consorciados. A solubilização paulatina deste material, permitiu manter concentrações mais elevadas de P no solo, por um período de três anos. Maior crescimento e produção, bem como maior perda por erosão no tratamento a pleno sol também devem estar associados às diferenças observadas entre os tratamentos, principalmente na camada superficial.

Quanto à evolução dos teores de fósforo ao longo do tempo, observa-se que não houve efeito de tratamentos sobre o aumento ou diminuição do teor de P no solo (Quadro 13) para os intervalos 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999 para às profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. No intervalo 1997-1998 o tratamento envolvendo café, banana e fedegoso apresentou decréscimo significativo do teor de P do solo na profundidade de 20-40 cm. Este resultado pode estar relacionado à amostragem. Sendo o P um elemento de baixa mobilidade no solo, é possível que a retirada de uma sub-amostra com quantidade excessiva de P proveniente de mistura pouco homogênea dos fertilizantes aplicados à cova, aliado ao pequeno número de repetições, tenha resultado em concentrações excessivas do elemento no ano de 1997.

Quadro 13 – Valores médios de Fósforo (mg dm^{-3}), no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de P nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

PROFUNDIDADE 0-5 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998 *	1998 - 1999 **	1995 – 1999 **
Café (T1)	2,18 (6,49) a	2,28 (4,72) a	4,38 (4,94) a
Café e Fedegoso (T2)	9,73 (7,05) a	1,30 (4,62) a	-4,31 (3,96) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	22,10 (7,88) a	7,43 (5,24) a	-0,65 (4,40) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	15,10 (7,42) a	9,45 (5,43) a	0,55 (4,53) a
C.V. (%)	22,00	33,98	18,38
PROFUNDIDADE 5-10 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998 *	1998 – 1999 **	1995 – 1999 **
Café (T1)	3,58 (6,60) a	2,08 (4,70) a	0,30 (4,51) a
Café e Fedegoso (T2)	7,23 (6,87) a	2,40 (4,73) a	-2,30 (4,21) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	2,65 (6,53) a	9,50 (5,43) a	-0,58 (4,41) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-5,63 (5,86) a	15,18 (5,93) a	1,50 (4,30) a
C.V. (%)	24,38	25,21	7,05
PROFUNDIDADE 10-20 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998 *	1998 – 1999 **	1995 – 1999 **
Café (T1)	3,20 (6,57) a	2,50 (4,74) a	0,63 (4,54) a
Café e Fedegoso (T2)	9,67 (7,05) a	5,80 (5,08) a	-0,11 (4,46) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	22,00 (7,87) a	1,15 (4,60) a	-0,05 (4,47) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	2,63 (6,53) a	11,43 (5,61) a	-0,03 (4,47) a

C.V (%)	15,01	15,95	4,43
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998 *	1998 - 1999 **	1995 - 1999 **
Café (T1)	3,23 (6,57) b	0,70 (4,55) a	0,93 (4,57) a
Café e Fedegoso (T2)	3,10 (6,57) b	3,17 (4,81) a	0,17 (4,49) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	17,50 (7,58) a	0,40 (4,52) a	0,40 (4,52) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	5,75 (6,76) b	1,55 (4,64) a	0,45 (4,52) a
C.V (%)	4,72	4,70	1,83

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

* () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+40).

** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+20).

4.5.2. pH e Al³⁺

Houve um gradiente de pH de 0 a 40 cm de profundidade (Figura 6), porém não houve efeito dos tratamentos sobre as diferenças de pH do solo ao longo do tempo quando analisados pares de anos 1998-1999 e 1995-1999 em todas as profundidades. Nos anos 1997-1998 às profundidades 5 a 10 e 10 a 20 cm, o tratamento com maior diversidade de espécies (T4) foi o que obteve maior aumento no pH do solo (Quadros 14). A saturação de alumínio foi sempre maior no tratamento café a pleno sol, especialmente nas camadas subsuperficiais (Figura 7). Ao longo do tempo, do plantio até o ano de 1999, observa-se que na camada de 0-5 e 5-10 cm a diferença entre a saturação de alumínio ao início e ao final do período para o tratamento 4 (café, fedegoso, banana e ipê preto) foi maior que no tratamento 1 (café a pleno sol) (Quadro 15). Nos tratamentos 1 e 4 a saturação de Al³⁺ ao início do experimento nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm eram de 8,88 e 29,23 % respectivamente. Ao final, para o tratamento 4, eram de 0,00% na camada de 0 a 5 cm e 3,95 % na camada de 5 a 10 cm. No entanto, no tratamento 1 a saturação elevou-se a

13,80 e 32,10 %, para as profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 respectivamente, apesar das maiores quantidades de calcário empregadas.

Considerando que os tratamentos consorciados receberam 2/3 da quantidade recomendada de calcário para a correção da acidez do solo, é provável que nestes tratamentos possa ter ocorrido reações de complexação do Al^{+3} com compostos orgânicos (adsorção superficial, quelatação) presentes em maiores proporções nos tratamentos consorciados. FREITAS et al. (2000), estudando a dinâmica da matéria orgânica nessa mesma área, em amostras de solo retiradas nas profundidades 0 a 5 cm e 5 a 20 cm, observaram que o teor de carbono orgânico na camada subsuperficial dos tratamentos consorciados foi superior ao do tratamento a pleno sol e dentre os tratamentos consorciados o que apresentou maior teor foi o tratamento 4.

PAVAN et al. (1997), observaram que o aumento da densidade populacional de cafeeiros diminui a toxidez de Al^{+3} do solo. Os autores sugerem dois mecanismos para explicar o fenômeno: efeito do pH na solubilidade do alumínio e a complexação do alumínio com compostos orgânicos depositados em maiores quantidades no solo em plantios adensados.

Quadro 14 – Valores médios de pH em água ($mg\ dm^{-3}$) no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de pH nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

PROFUNDIDADE 0-5 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998 *	1998 - 1999 *	1995 – 1999 *
Café (T1)	0,15 (1,44) a	-0,15 (1,34) a	0,40 (1,41) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,38 (1,27) a	-0,10 (1,37) a	-0,35 (1,22) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,03 (1,40) a	0,03 (1,42) a	0,00 (1,41) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,43 (1,25) a	-0,23 (1,33) a	-0,55 (1,16) a
C.V. (%)	13,58		
PROFUNDIDADE 5-10 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998 *	1998 - 1999 *	1995 – 1999 *

Café (T1)	0,03 (1,41) ab	-0,20 (1,34) a	-0,05 (1,34) a
Café e Fedegoso (T2)	0,25 (1,50) a	-0,40 (1,32) a	-0,65 (1,35) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,15 (1,35) ab	0,10 (1,44) a	-0,40 (1,40) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,48 (1,23) b	0,08 (1,44) a	-0,73 (1,26) a
C.V. (%)		12,44	
PROFUNDIDADE 10-20 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998 *	1998 - 1999 *	1995 - 1999 *
Café (T1)	0,03 (1,42) ab	-0,30 (1,30) a	-0,23 (1,30) a
Café e Fedegoso (T2)	0,23 (1,49) ab	-0,40 (1,31) a	-0,60 (1,35) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,25 (1,50) a	-0,25 (1,32) a	-0,38 (1,41) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,30 (1,28) b	0,13 (1,45) a	-0,48 (1,35) a
C.V. (%)		10,83	
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998 *	1998 - 1999 *	1995 - 1999 *
Café (T1)	0,05 (1,43) a	-0,40 (1,26) a	-0,55 (1,28) a
Café e Fedegoso (T2)	0,20 (1,48) a	-0,42 (1,28) a	-0,80 (1,33) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,05 (1,43) a	-0,05 (1,39) a	-0,73 (1,41) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	0,05 (1,43) a	-0,23 (1,33) a	-0,58 (1,35) a
C.V. (%)		8,15	

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

*() Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+2).

Quadro 15 – Valores médios da saturação de alumínio (%) no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de Al^{+3} nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

PROFUNDIDADE 0-5 cm			
TRATAMENTOS	1997-1998*	1998-1999**	1995-1999*
Café (T1)	-10,65 (5,25) b	0,93 (7,03) a	-4,93 (5,80) b
Café e Fedegoso (T2)	1,50 (6,44) a	-1,28 (6,98) a	7,60 (6,90) ab
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-2,28 (6,14) ab	-1,13 (6,99) a	5,48 (6,74) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	0,00 (6,32) ab	0,00 (7,07) a	8,88 (6,99) a
C.V. (%)	11,12		
PROFUNDIDADE 5-10 cm			
TRATAMENTOS	1997-1998*	1998-1999**	1995-1999*
Café (T1)	-4,13 (5,57) a	-1,93 (6,93) a	-2,88 (5,98) b
Café e Fedegoso (T2)	-6,75 (5,75) a	-7,35 (6,52) a	13,05 (7,27) ab
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-4,40 (5,89) a	-4,28 (6,73) a	12,83 (7,23) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	8,38 (6,92) a	-2,58 (6,88) a	25,28 (8,07) a
C.V. (%)	24,56	8,87	12,03
PROFUNDIDADE 10-20 cm			
TRATAMENTOS	1997-1998*	1998-1999**	1995-1999*
Café (T1)	-7,60 (5,50) a	5,55 (7,35) a	0,03 (5,72) a
Café e Fedegoso (T2)	-14,10 (5,04) a	0,48 (7,09) a	12,13 (7,15) a

Café, Fedegoso e Banana (T3)	-12,13 (5,17) a	-6,50 (6,35) a	3,25 (6,00) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	9,68 (6,99) a	-15,55 (5,51) a	12,85 (7,26) a
C.V. (%)	30,71		
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997–1998*	1998–1999**	1995–1999*
Café (T1)	-11,00 (5,09) a	14,33 (7,91) a	13,95 (7,15) a
Café e Fedegoso (T2)	-15,10 (4,99) a	6,10 (7,43) a	22,43 (7,86) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-4,25 (5,95) a	-16,35 (5,68) a	13,03 (7,13) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	3,68 (6,57) a	-9,23 (6,16) a	17,15 (7,48) a
C.V. (%)	23,34		

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

* () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+40).

** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+50).

Os resultados obtidos no presente trabalho podem também estar relacionados a maior quantidade de adubação nitrogenada recebida pelo tratamento a pleno sol, já que o subproduto (íons de hidrogênio) da conversão bacteriana de nitrogênio amoniacal em nitrogênio nítrico (nitrificação) contribui para a acidificação dos solos.

4.5.3. Potássio

Os teores de potássio ao início do experimento estavam aquém do considerado adequado para o cafeeiro, alcançando valores médios com o decorrer do tempo. Para o tratamento a pleno sol (T1) o potássio aumentou até 1998 em todas as camadas, mais acentuadamente na superfície, e diminuiu em 1999 devido a produção (Figura 8).

Ao avaliar as diferenças ao longo do tempo, verifica-se que apesar do tratamento 1 ter recebido maior aporte de K^+ , não houve efeito de tratamentos, nas camadas de 0-5 cm para os pares de anos 1997-1998 e 1998-1999 e à profundidade de 5-10 cm para o par de ano 1998-1999 (Quadro 16) o que pode estar relacionado a maior perda por lixiviação e/ou erosão e também ao aporte do material de cobertura em decomposição sobre o solo, nos tratamentos consorciados, já que o potássio é liberado muito rapidamente do material vegetal em decomposição, e que a entrada do nutriente via adubo foi pequena.

Analisando-se as diferenças nos teores de potássio do solo entre 1995-1999 (Quadro 16) observa-se em todas as profundidades que o tratamento a pleno sol apresentou elevação do teor de K^+ comparativamente ao tratamento ao tratamento 4 (café, fedegoso, banana e ipê preto). As adubações de manutenção e/ou a presença de bananeiras (Quadro 4) são responsáveis pelo fato. Os tratamentos 2 (café e fedegoso) e 3 (café, fedegoso e banana) apresentaram-se em posição intermediária entre os tratamentos 1 e 4, até 20 cm de profundidade, sem deles diferir. Tal fato deve-se à menor quantidade de adubação de manutenção aplicada, comparativamente ao tratamento 1 e à menor produção (Quadro 4 e 11) comparativamente ao tratamento 4 o que possibilitou menor exportação de potássio do solo pois a exigência de K^+ aumenta com a idade, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nas cerejas

Quadro 16 – Valores médios de potássio ($mg\ dm^{-3}$), no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de K^+ nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 0-5 cm		
	1997 - 1998*	1998 – 1999**	1995 – 1999***
Café (T1)	-36,75 (11,12) a	25,00 (9,23) a	-29,75 (12,70) b
Café e Fedegoso (T2)	-63,75 (9,99) a	71,00 (12,19) a	12,25 (14,55) ab

Café, Fedegoso e Banana (T3)	-55,50 (10,33) a	65,25 (12,03) a	35,75 (15,33) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-64,75 (9,01) a	98,25 (13,18) a	78,25 (16,66) a
C.V. (%)	27,27	37,54	11,57
PROFUNDIDADE 5-10 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998*	1998 – 1999**	1995 – 1999***
Café (T1)	-42,00 (11,00) ab	12,75 (9,80) a	-87,75 (10,32) b
Café e Fedegoso (T2)	-25,00 (11,79) a	27,50 (10,50) a	-37,75 (12,72) ab
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-26,50 (11,71) a	26,00 (10,40) a	-41,75 (12,43) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-65,50 (8,79) b	55,25 (11,74) a	-2,25 (14,03) a
C.V. (%)	17,08		
PROFUNDIDADE 10-20 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998*	1998 – 1999**	1995 – 1999***
Café (T1)	-16,75 (12,11) a	-1,00 (9,01) ab	-42,50 (12,45) b
Café e Fedegoso (T2)	-5,75 (12,53) a	-15,00 (8,33) b	-14,00 (13,62) ab
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-4,50 (12,62) a	11,25 (9,62) ab	5,00 (14,31) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-37,00 (11,05) a	36,25 (10,84) a	23,5 (14,95) a
C.V. (%)	12,40		
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998*	1998 – 1999**	1995 – 1999***
Café (T1)	1,50 (12,86) a	19,25 (10,19) a	-73,00 (10,70) c
Café e Fedegoso (T2)	3,00 (12,90) a	2,50 (9,34) a	-45,50 (12,36) bc

Café, Fedegoso e Banana (T3)	6,00 (13,03) a	15,00 (9,98) a	-18,00 (13,45) ab
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-6,50 (12,54) a	9,00 (9,65) a	1,00 (14,17) a
C.V. (%)		9,54	

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

*() Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+164).

** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+85).

*** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+200).

(MALAVOLTA, 1986). Nesse mesmo período, à profundidade de 20-40 cm, o tratamento a pleno sol foi superior aos tratamentos 3 e 4 e o tratamento 2 foi superior ao tratamento 4. É provável que este resultado seja decorrência da presença da bananeira nos tratamentos 3 e 4. Esta cultura é exigente em potássio, promovendo maior decréscimo de seu teor no solo. Tal efeito começou a manifestar-se entre os pares de anos 1998-1999 na camada de 10 a 20 cm de profundidade.

No par de anos 1997-1998, na camada de 5-10 cm, o tratamento 4 foi superior aos tratamentos 2 e 3, não diferindo do tratamento a pleno sol. Nessa mesma camada foi observado por FREITAS et al. (2000) maior teor de carbono orgânico para o tratamento 4. Sabe-se que a matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, diminuindo as perdas de bases por lixiviação (MALAVOLTA, 1993). É possível então, especular que essa tenha sido a causa do maior incremento no K^+ do solo do tratamento 4. Tal comportamento não persistiu ao longo do tempo (1998-1999) devido a extração pelas culturas, sem que houvesse a restituição devida.

4.5.4. Cálcio

Os teores de Ca^{+2} do solo no início do experimento eram bastante inferiores ao considerado adequado para o cafeeiro por MALAVOLTA (1986). Apesar de terem sido realizadas calagens ao longo do período de cultivo,

valores entre 3 e 4 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ não foram alcançados. Observa-se que os tratamentos consorciados, mesmo recebendo 2/3 da calagem, mantiveram teores superficiais e subsuperficiais maiores (tratamento 2) ou semelhantes ao tratamento a pleno sol (Figura 9).

Não houve efeito de tratamento para a diferença no teor de cálcio do solo para o intervalo compreendido entre 1997-1998 às profundidades de 0 a 5; 5 a 10 e 20 a 40 cm, nos anos 1995-1999 em todas as profundidades e às profundidades de 0-5 e 5-10 cm no par de anos 1998-1999 (Quadro 17). Estes resultados podem estar relacionados à capacidade de a matéria orgânica aumentar a capacidade de troca catiônica, diminuindo a lixiviação deste nutriente no solo (KIEHL, 1979). FRANCO (2000) trabalhando em diversos sistemas agroflorestais, verificou que a perda de nutrientes por erosão foram

Quadro 17 – Valores médios de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de Ca^{+2} nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 0-5 cm		
	1997 - 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999***
Café (T1)	0,90 (1,95) a	0,53 (1,21) a	0,68 (1,63) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,38 (1,62) a	0,98 (1,39) a	-0,43 (1,22) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,18 (1,77) a	1,60 (1,57) a	0,78 (1,65) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	0,30 (1,81) a	1,23 (1,38) a	0,78 (1,66) a
C.V. (%)	21,44		
TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 5-10 cm		
	1997 - 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999***
Café (T1)	0,43 (1,85) a	0,33 (1,15) a	0,43 (1,55) a

Café e Fedegoso (T2)	0,08 (1,73) a	0,57 (1,19) a	-0,36 (1,25) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,45 (1,57) a	1,53 (1,56) a	0,50 (1,57) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,50 (1,56) a	1,53 (1,57) a	0,50 (1,57) a
C.V. (%)	18,54		
PROFUNDIDADE 10-20 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998*	1998 – 1999**	1995 - 1999***
Café (T1)	0,43 (1,85) ab	0,15 (1,05) b	0,35 (1,52) a
Café e Fedegoso (T2)	0,58 (1,89) a	0,36 (1,15) b	0,01 (1,41) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,50 (1,87) ab	0,90 (1,36) ab	0,65 (1,62) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,55 (1,47) b	1,65 (1,59) a	0,70 (1,63) a
C.V. (%)	17,61		
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997 - 1998*	1998 – 1999**	1995 - 1999***
Café (T1)	0,40 (1,84) a	0,10 (1,00) b	0,15 (1,45) a
Café e Fedegoso (T2)	0,50 (1,87) a	0,23 (1,10) b	-0,09 (1,38) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,28 (1,81) a	1,20 (1,48) a	0,28 (1,50) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	0,08 (1,75) a	0,63 (1,26) ab	0,35 (1,52) a
C.V. (%)	12,18		

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

* () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+3).

** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+1).

*** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+2).

muito menores que nos sistemas a pleno sol, principalmente para o cálcio e o magnésio, encontrando em média para o cálcio uma perda de 92,1 e 1.865,5 g/ha¹ano⁻¹ para os sistemas agroflorestais e os sistemas a pleno sol, respectivamente. Na mesma área experimental em que foi realizado este trabalho o autor encontrou uma perda de 14.508,2 g/ha¹ano⁻¹ de cálcio para o tratamento a pleno sol.

NA CAMADA DE 10-20 CM NO PAR DE ANOS 1998-1999 O TRATAMENTO A PLENO SOL (T1) E O TRATAMENTO CAFÉ E FEDEGOSO (T2) OBTIVERAM MENORES REDUÇÕES NO TEOR DE CÁLCIO QUE O TRATAMENTO ONDE O CAFÉ ESTEVE CONSORCIADO COM FEDEGOSO, BANANA E IPÊ PRETO (T4). NA CAMADA DE 20-40 CM OS TRATAMENTOS 1 E 2 FORAM SUPERIORES AO TRATAMENTO CAFÉ, FEDEGOSO E BANANA (T3) QUANTO AO TEOR DE CÁLCIO NO SOLO. É PROVÁVEL QUE ESTA MAIOR REDUÇÃO NO TEOR DESSE ELEMENTO NOS TRATAMENTOS 3 E 4 SEJA DEVIDA À PRESENÇA DA BANANA QUE É MAIS EXIGENTE NUTRICIONALMENTE.

No par de ano 1997-1998, na camada de 10-20 cm, o tratamento 4 foi superior ao tratamento 2. O tratamento 4 foi o que obteve maior teor de matéria orgânica e esta aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, diminuindo as perdas de bases por lixiviação. É provável que essa tenha sido a causa do maior incremento no Ca⁺² do solo do tratamento 4. Tal comportamento não persistiu ao longo do tempo (1998-1999) devido a extração pelas culturas, sem que houvesse a restituição devida.

4.5.5. Magnésio

Os teores de magnésio no solo na camada de 05 cm de profundidade estão dentro do adequado para a cultura (MALAVOLTA 1986) (0,6-1,0 cmol_c.dm⁻³). Para as demais profundidades os teores de Mg⁺² estão próximos do recomendado (Figura 10).

NOS INTERVALOS ENTRE ANOS ANALISADOS NÃO HOUE EFEITO DOS TRATAMENTOS PARA A DIFERENÇA NO TEOR DE MAGNÉSIO NO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0 A 5 CM (QUADRO 18), MESMO ESTES TRATAMENTOS RECEBENDO 2/3 DA QUANTIDADE DE CALCÁRIO APLICADA NO TRATAMENTO A PLENO SOL. ASSIM COMO O CÁLCIO, ESTES RESULTADOS PODEM ESTAR RELACIONADOS À

CAPACIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA AUMENTAR A CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA, DIMINUINDO A LIXIVIAÇÃO DESTE NUTRIENTE NO SOLO.

Quadro 18 – Valores médios de magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), no solo de cafezais a pleno sol e consorciado, analisadas as diferenças entre os teores de Mg^{+2} nos anos de 1997-1998, 1998-1999 e 1995-1999, para as profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 0-5 cm		
	1997 - 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999**
Café (T1)	-0,20 (1,33) a	0,13 (1,04) a	0,23 (1,10) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,70 (1,14) a	0,30 (1,13) a	-0,20 (0,89) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,43 (1,24) a	0,53 (1,21) a	0,28 (1,12) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,73 (1,13) a	0,45 (1,20) a	-0,10 (0,94) a
C.V. (%)	16,67		
TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 5-10 cm		
	1997 - 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999**
Café (T1)	-0,05 (1,39) a	0,10 (1,05) ab	0,18 (1,08) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,18 (1,35) a	0,00 (0,99) b	-0,18 (0,90) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,35 (1,27) a	0,53 (1,22) a	0,20 (1,09) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,58 (1,19) a	0,48 (1,21) a	-0,13 (0,92) a
C.V. (%)	12,40		
TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE 10-20 cm		
	1997 - 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999**

Café (T1)	0,00 (1,41) a	0,00 (1,00) b	0,15 (1,07) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,03 (1,40) a	0,03 (1,01) b	0,00 (1,00) a
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0,03 (1,42) a	0,25 (1,11) ab	0,30 (1,13) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,53 (1,18) b	0,65 (1,27) a	0,18 (1,08) a
C.V. (%)	12,09		
PROFUNDIDADE 20-40 cm			
TRATAMENTOS	1997 – 1998*	1998 - 1999**	1995 - 1999**
Café (T1)	-0,03 (1,40) a	0,13 (1,06) ab	0,23 (1,10) a
Café e Fedegoso (T2)	-0,03 (1,41) a	0,03 (1,01) b	-0,03 (0,98) b
Café, Fedegoso e Banana (T3)	-0,03 (1,41) a	0,35 (1,16) a	0,23 (1,10) a
Café, Fedegoso, Banana e Ipê (T4)	-0,18 (1,35) a	0,23 (1,11) ab	0,10 (1,04) ab
C.V. (%)	6,43		

Dentro de cada profundidade e pares de anos as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 10 % de probabilidade pelo teste TUKEY.

* () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+2).

** () Dados transformados RAIZ QUADRADA (X+1).

NO PAR DE ANOS 1998-1999, NA CAMADA DE 5 A 40 CM E NO PAR DE ANOS 1995-1999, NA CAMADA DE 20 A 40 CM, OS TRATAMENTOS 3 E 4 APRESENTAM AS MAIORES DIMINUIÇÕES DE MG^{+2} NO SOLO. É PROVÁVEL QUE ESTA MAIOR DIFERENÇA NESTES TRATAMENTOS SEJA DEVIDO A MENOR QUANTIDADE DE FERTILIZANTES APLICADAS (QUADRO 4) E À PRESENÇA DA BANANA QUE É MAIS EXIGENTE NUTRICIONALMENTE QUE O FEDEGOSO. NO PAR DE ANOS 1995-1999, NA CAMADA DE 20 A 40 CM, O TRATAMENTO A

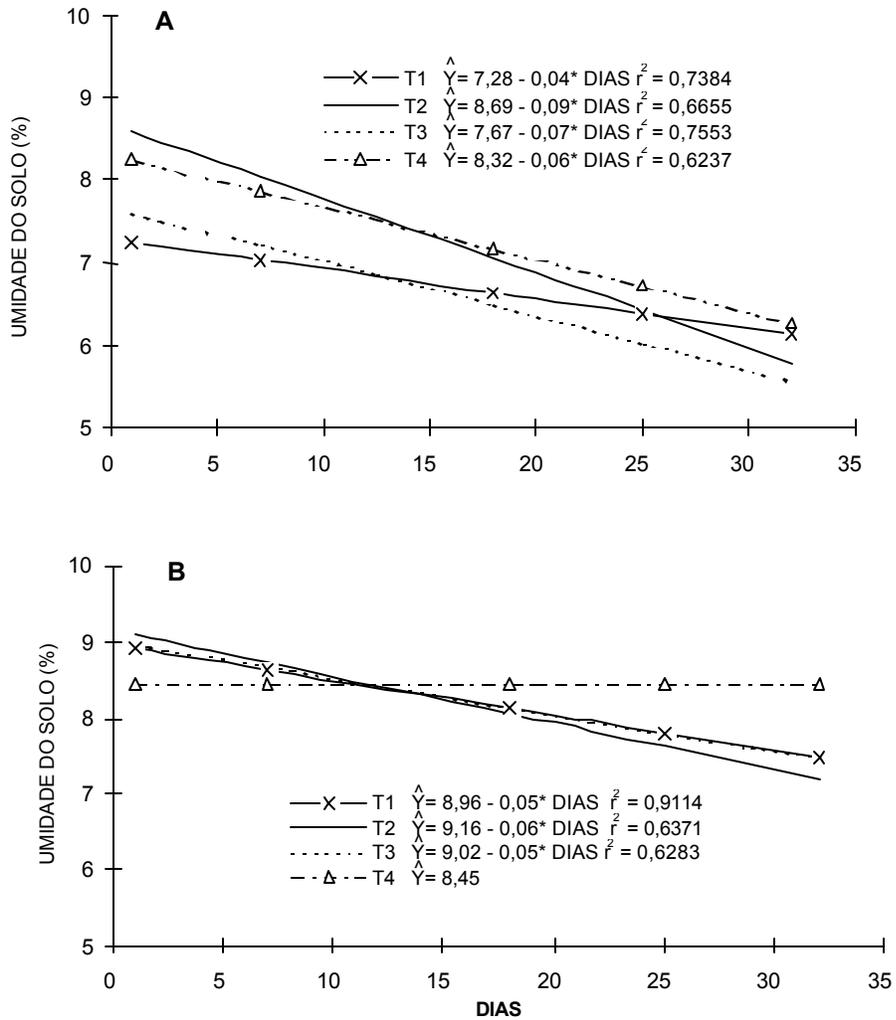
PLENO SOL TAMBÉM TEVE O TEOR DE Mg^{+2} NO SOLO DIMINUÍDO, POSSIVELMENTE DEVIDO A MAIOR PRODUÇÃO DE CAFÉ NESTE TRATAMENTO.

Ao analisar o par de ano 1997-1998, verifica-se que na camada de 10 a 20 cm o tratamento 4 foi o que obteve maiores aumentos de Mg^{+2} no solo, quando comparado com os demais tratamentos. O tratamento 4 foi o que obteve maior teor de matéria orgânica e esta aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, diminuindo as perdas de bases por lixiviação. É provável que essa tenha sido a causa do maior incremento no Mg^{+2} do solo do tratamento 4. Tal comportamento não persistiu ao longo do tempo (1998-1999) devido a extração pelas culturas, sem que houvesse a restituição devida.

4.6. Umidade do solo

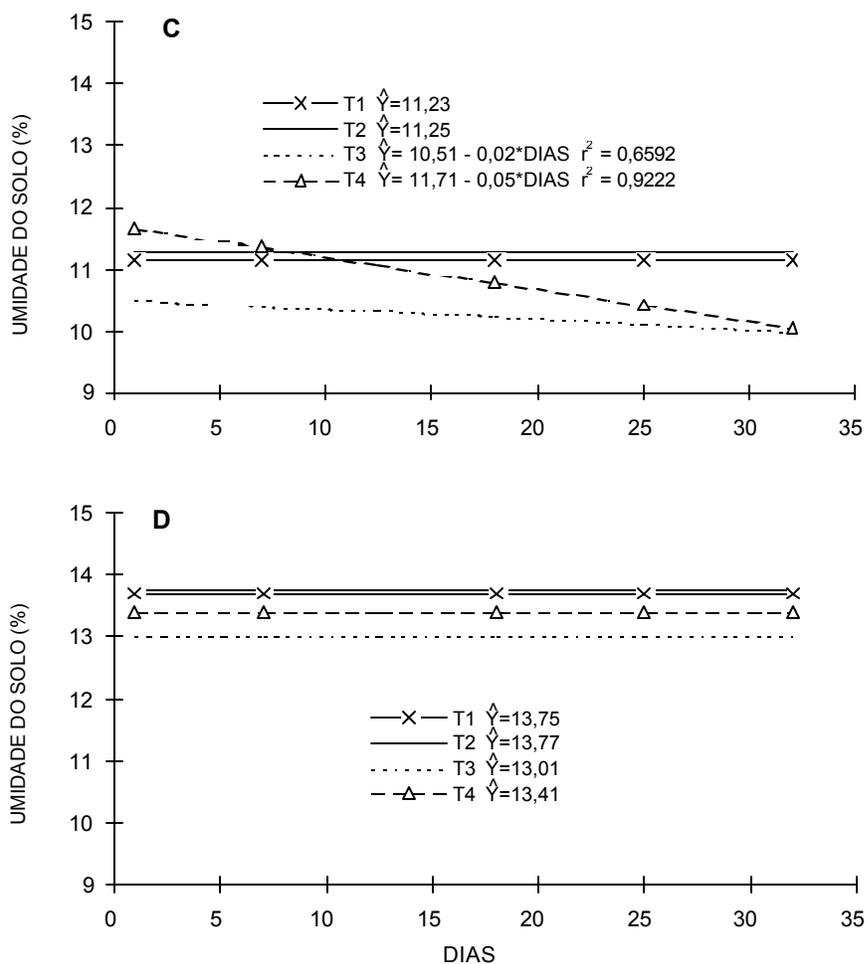
As camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) do solo (Figura 11) apresentaram menor quantidade de água que as camadas subjacentes (10-20 e 20-40 cm) (Figura 12) pois aquelas pertencem à principal zona de absorção de água pelas raízes (IMBACH et al., 1989) além de estarem mais expostas à evaporação bem como à perda de água por gravidade. Deve -se ressaltar que a percentagem de umidade do solo foi menor que a percentagem de umidade no ponto de murcha permanente (Quadro 19) e mesmo assim, não ocorreu morte de plantas pois estas retiram água de maiores profundidades do solo, não analisadas neste trabalho.

Observou-se que, no início do período seco, os tratamentos com maior diversidade apresentaram maior quantidade de água, à profundidade de 0-5 cm, comparativamente ao tratamento a pleno sol (Figura 11A). Isto ocorreu, provavelmente, devido à maior adição de matéria orgânica em decorrência das podas e quedas das folhas das plantas consorciadas. Este material orgânico, não decomposto, sobre a superfície do solo, aliado às plantas do consórcio,



* t significativo ao nível de 5% de probabilidade

Figura 11– Estimativa da umidade do solo às profundidades de 0-5 cm (A) e 5-10 cm (B), por tratamento em função dos dias após o início do período seco.



* t significativo ao nível de 5% de probabilidade

Figura 12– Estimativa da umidade do solo às profundidades de 10-20 cm (C) e 20-40 cm (D), por tratamento em função dos dias após o início do período seco.

Quadro 19– Valores médios do teor de umidade do solo, dos tratamentos nas respectivas profundidades, dos valores médios e nos pontos de capacidade de campo (CC) e de murcha permanente (PMP)

Tratamentos	Profundida de das Amostra	Médias do % de Umidade	CC 0,3 Bar	PMP 15 Bar
Café (T1)	0-20 cm	8,70	22,02	15,40
Café (T1)	20-40 cm	13,75	26,15	17,59
Café e Fedegoso (T2)	0-20 cm	8,86	24,43	14,85

Café e Fedegoso (T2)	20-40 cm	13,78	26,31	18,40
Café, Fedegoso e Banana (T3)	0-20 cm	8,35	23,57	14,60
Café, Fedegoso e Banana (T3)	20-40 cm	13,01	25,75	18,37
Café, Fedegoso, Banana e Ipê preto (T4)	0-20 cm	8,85	22,70	14,85
Café, Fedegoso, Banana e Ipê preto (T4)	20-40 cm	13,42	22,19	15,08

atuou protegendo-o contra a incidência direta dos raios solares e dos ventos, importantes fatores na perda de água por evaporação. Outros efeitos da matéria orgânica no solo também podem ter contribuído para o fato observado, como por exemplo, sua retenção de água até oito vezes maior que a matriz mineral do solo (KIEHL, 1985), seu efeito na estruturação do solo (JARAMILLO e CHAVES, 1999), entre outros. Os supracitados efeitos do material orgânico podem ser visualizados na Figura 11A onde verifica-se que o tratamento a pleno sol iniciou o período seco com menos água comparativamente aos tratamentos consorciados. Observa-se também que ao final do período seco, às profundidades de 0 a 10 cm (Figura 11), o tratamento a pleno sol encontrava-se com maior quantidade de água quando comparado aos tratamentos 2 e 3. Os tratamentos consorciados por terem maior número de plantas perdem mais água por transpiração e como consequência a quantidade de água do solo destes tratamentos diminui mais rapidamente que no tratamento a pleno sol.

Por outro lado, os sistemas agroflorestais também possuem como característica o controle da erosão hídrica, pois, reduzem o impacto da gota de chuva; aumentam a infiltração de água e mantêm mais estável o teor da matéria orgânica do solo (HOUGHTON, 1984 citado por FRANCO, 2000). Isto foi comprovado por FRANCO (2000) que, trabalhando na mesma área experimental, verificou que a perda de solo no tratamento a pleno sol foi superior àquela dos tratamentos consorciados, encontrando 22.183,90; 214,50; 423,10 e 419,60 Kg/ha⁻¹ano⁻¹, para os tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os dados apresentados neste trabalho pode-se concluir que:

1. Os cafeeiros do tratamento a pleno sol obtiveram maior área foliar total, maior taxa de crescimento relativo da área foliar total e maior produtividade que os dos tratamentos consorciados em função da menor competição por água, luz e nutrientes;
2. O estado nutricional relativamente bom dos cafeeiros dos tratamentos consorciados, está relacionado com o crescimento e produção baixos;
3. No decorrer do período experimental a saturação de alumínio no tratamento a pleno sol aumentou, enquanto que nos tratamentos consorciados diminuiu, mesmo estes recebendo 2/3 da calagem aplicada no tratamento a pleno sol;
4. A água no tratamento café, fedegoso, banana e ipê preto (T4), na profundidade de 0 a 10 cm, foi melhor conservada que no sistema de a pleno sol, resultando um maior teor de umidade após 32 dias de período seco.
5. As conseqüências da utilização de árvores em associação com culturas agrícolas variam entre sistemas. A espécie usada, assim como as condições específicas do clima e outros fatores bióticos, determinarão os efeitos da cobertura vegetal na disponibilidade dos recursos do solo e, por conseguinte, no comportamento do café, especialmente em sua produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKONDÉ, T. P.; LEIHNER, D. E.; KUHNER, R. Nutrient balance in agroforestry systems. **Plant Research Development**, Tübingen, Germany, v.50, p.7-17. 1999.
- AKUNDA, E. W .M.; IMBAMBA, S. K.; KUMAR, D. High density planting of coffee (II): Adaptative changes in some plants characteristics. **East African Agricultural and forestry journal**, v.45, n.2, oct.,1979, p.133-136, 1979.
- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G.; FOLSTER, H. Sistemas agroflorestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica: I. Biomasa y reservas nutritivas. **Turrialba**, San Jose, Costa Rica, v.35, n.3, jul-sept, 1985, p.233-242, 1985.
- ANDERSON, J. L.; BINGHAM, G. E.; HILL, R. W. Effects of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. **Acta Horticultural**, n.313, p.135-142, 1992.
- ANDRADE, C. E. **Análise dos excedentes econômicos gerados pelos acordos internacionais do café**. 1995. 90f.. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Curso de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington D.C.: 1975, 1094 p.
- BARROS, R. S. **Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.)**. 1972. 52f.. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Curso de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- BLANCHAR, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings Soil Science Society of America**, v.29, n.1, p.71-72, 1965.
- BLANCO, P. A.; PALOMARES, A. Resúmenes de la I Jornada Científica de Café y Cacao, Tercer Frente, Santiago de Cuba, 1989, 59p.
- BRADSHAW, L.; RICE, K. L. Competencia por agua entre el café y tres coberturas vivas (*Arachis*, *Desmodium* y malezas) en Nicaragua. **Agronomía Costarricense**, San Jose, Costa Rica, v.22, n.1, ene-jun, 1998, p.51-60, 1998.
- BRAGA, J. M., DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, Minas Gerais, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- BRASIL. IBC. **Cultura de café no Brasil**: pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro: IBC, 1986. 214p.
- CANNELL, M. G. R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.41, n.484, Jul., 1976, p.245-253, 1976.
- CARAMORI, P. H.; FILHO, A. A.; BAGIO, A. Arborização do cafezal com *Grevilea robusta* no norte do estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, [S.l.], v.38, n.4, dez., 1995, p.1031-1037, 1995.
- CARELLI, M. L.; FAHL, J. I. Crecimiento y asimilación del carbono y nitrógeno en plantas jóvenes de *Coffea* en condiciones de sol y de sombra. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, 19., 2000, San Jose, Costa Rica. **Memórias**. San José: ICAFE: IICAPROMECAFE, 2000. 514p. p.101-108.
- CASTILLO, Z. J., LÓPEZ, R. A. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. **Cenicafé**, Chinchiná, v.17, p.51-60, 1966.
- CASTRO, F. S.; MONTENEGRO, L.; AVILES, C. P.; MORENO, M. M.; BOLAÑOS, M. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. **El Café de El Salvador**, San Salvador, may-jun, 1961, v.31, n.354-355, p.317-350, 1961.
- CATALDO, D. A., HAROON, M., SCHAEERDER, L. E. et al. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commum. Soil Science Plant Analysis**, New York, 1975, v.6, p.71-80, 1975.

- CHAMORRO, T. G.; GALLO, C. A.; LÓPEZ, A. R. Evaluación económica del sistema agroforestal café asociado con nogal. **Cenicafé**, Chinchiná, oct-dic, 1994, v.45, n.4, p.164-170, 1994.
- CUMBA, B.; FAJARDO, O.; ORTEGA, R.; PANEQUE, L.; NAPOLES, S. Crecimiento y rendimiento de *Coffea arabica* variedad Catuaí bajo dos especies y distancias de plantacion de arboles de sombra. **Revista Baracoa**, Habana, may-ago, 1992, v.22, n.2, p.7-15, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, 1979. n.p.
- ESTÍVARIZ, J.; MUSCHLER, 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 americas**, Turrialba, ene-jun, 1998, v.5, n.17-18, p.49-53, 1998.
- FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, jan., 1994, v.69, n.1, p.161-169, 1994.
- FASSBENDER, H. W; ALPIZAR, L.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G.; FOLSTER, H. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica: III modelos de la materia organica y los elementos nutritivos. **Turrialba**, San Jose, Costa Rica, oct-dic, 1985, v.35, n.4, p.403-413, 1985.
- FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 447 p.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2. ed. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1985. 362p.
- FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais**: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais. 2000. 148f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FREITAS, H.R. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas agroflorestais**: caracterização da matéria orgânica do solo. Relatório de iniciação científica PIBIC/CNPq. Viçosa, 2000.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V., V .H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E. MALAVOLTA, E.; CORREA, J. B.; LOPES, A. S.; NOQUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In:

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

HERZOG, F. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d'Ivoire. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v 27, p.259-267, 1994.

IMBACH, A. C.; FASSBENDER, H. W.; BEER, J.; BOREL, R.; BONNEMANN, A. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y café con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica: VI. balances hídricos e ingreso con lluvias y lixiviación de elementos nutritivos. **Turrialba**, San Jose, Costa Rica, jul- sept, 1989, v.39, n.3, p.400-414, 1989.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.

JARAMILLO, R. A.; CHÁVES, C. B. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra. **Cenicafé**, Chinchiná, abr-jun, 1999, v.50, n.2, p.97-105, 1999.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, 1959. v.766, p.32-33.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 264p.

_____. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIMENIA, J. K.; NJOROGE, J. M. Effect of shade on coffee: a review. **Kenya Coffee**, Nairobi, august, 1988, v.53, n.622, p.387-391, 1988.

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L: a review. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.44, p.9-47, 1976.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Piracicaba: Plantarum, 1992. v.1, 352 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 447 p.

_____. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Ceres, 1993. 210p.

_____; VITTI, G. C.; OLMEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do agricultor: grãos).

- MÉNDEZ, O. A.; ROMERO, M. A.; MARTÍNEZ, J. T. Influencia del sol y la sombra en la calidad y el rendimiento del grano de café. **Centro Agrícola**, [S.l.], ene-dic, 1996, v.23, n.3, p.11-16, 1996.
- MENEZES, J. F. S. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro em quatro regiões produtoras de Minas Gerais. 2001. 130f.. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. (no prelo)
- MOGOLLÓN, J. P.; MIRAGAYA, J. G.; SÁNCHEZ, L. F.; CHACÓN, N.; ARAUJO, J. Nitrogeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes arboles de sombra. **Agronomia Tropical**, Maracay, ene-mar, 1997, v.47, n.1, p.87-102, 1997.
- MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant Physiology**, Berlin, Germany: Springer, 1995. 629p.
- MUÑOZ, G. . Importancia de la sombra en el cafetal. **Agroforesteria en las americas**, Turrialba, ene-mar, 1997, v.4, n.13, p.25-27, 1997.
- NARAIN, P.; SINGH, R. K.; SINDHWAL, N. S.; JOSHIE, P. Water balance and water efficiency of different land uses in western Himalayan valley region. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v.100, n.4, feb., 2000. p.323-336. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 29 setembro 2000.
- NJOROGE, J. M.; KIMENIA, J. K. Current intercropping observations and future trends in arabica coffee, Kenya. **Outlook-on-agriculture**, v.22, p. 43-48, 1993.
- ONG, C. K.; RAO, M. R.; MATHUVA, M. Competition for resources above and below the ground. **Agroforestry Today**, Nairobi, apr-jun, 1992, v.4, n.2, p.4-5, 1992.
- PAVAN, M. A.; CARAMORI, P. H.; FILHO, A. A.; SCHOLZ, M. F. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira: I. influência na fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, fev., 1986, v.21, n.2, p.187-192, 1986.
- _____; CHAVES, J. C. D.; SIQUEIRA, R.; ANDROCIOLI FILHO, A. Cultura do cafeeiro: o sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, dez., 1997, n.80, p.1-7, 1997.
- SOTO-PINTO, L.; PERFECTOL, I.; HERNANDEZ, J. C.; NIETOC, J. C. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v.80, n.1-2, august, 2000. p.61-69. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: junho 2000.

- PIO CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. v.1.
- ROMERO, M. A.; MÉNDEZ, O. A. Fisiología del cafeto en condiciones de montaña: V. crecimiento de hojas al sol y bajo sombra. **Centro Agrícola**, [S.l.], sept-dic, 1994, v. 21, n.3, p.53-57, 1994.
- ROOSE, E.; NDAYIZIGIYE, F. Agroforestry, water and soil fertility management to fight erosion in tropical mountains of Rwanda. **Soil technology**, v.11, p.109-119, 1997.
- SINGH, R. P.; ONG, C. K.; SAHARAN, N. Above and below ground interactions in alley-cropping in semi-arid India. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.9, p.259-274, 1989.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Plant Physiology**, California, USA: The Benjamin / Cummings, 1991. 559p.
- TEKETAY, D.; TEGINEH, A. Traditional tree crop based agroforestry in coffee producing areas of Harerge, Eastern Ethiopia. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v.16, p.257-267, 1991.
- VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiro submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, jul-dez, 1992, v.4, n.2, p.99-105, 1992.
- YOUNG, A. Agroforestry takes root in Ethiopia. **Agroforestry Today**, Nairobi, v.1, n.1, p.13-16, 1989.

APÉNDICE

APÊNDICE A

Quadro 1A– Resumo da análise de variância conjunta das variáveis altura da haste ortotrópica (AHO), número de entrenós da haste ortotrópica (NEHO), comprimento do ramo plagiotrópico primário (CRPP) e número de entrenós do ramo plagiotrópico primário (NERPP) nos anos de 1997 e 1998 e os respectivos coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		AHO (cm)	NEHO	CRPP (cm)	NERPP
BLOCO/ANO	3	68,1101	10,4765	5,7852	18,9126
ANO	1	9290,549 **	190,8569 **	365,2429 *	115,0834 **
TRATAMENTO (T)	3	230,6909 ^{ns}	8,3326 **	55,3436 ^{ns}	35,1558 *
ANO X T	3	45,4101 ^{ns}	0,1503 ^{ns}	11,6610 ^{ns}	2,0633 ^{ns}
RESÍDUO	18	149,4213	2,1400	87,8412	9,1950
C.V. (%)		14,27	7,02	28,63	26,65

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2A– Resumo da análise de variância do diâmetro da base do caule (mm) nos anos de 1997 e 1998 e os respectivos coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		1997	1998
BLOCOS	3	0,0878	2,1019
TRATAMENTO	3	0,0949 ^{ns}	3,5079 ^{ns}
RESÍDUO	9	0,0769	1,5765
C.V. (%)		17,40	15,88

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 3A – Resumo da análise de variância dos quatro tratamentos para a variável área foliar total (m²/Planta) nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998 e os respectivos coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		1995	1996	1997	1998
BLOCOS	3	0,000949	0,011293	0,312211	5,808502
TRATAMENTOS	3	0,002135 ^{ns}	0,028035 ^{ns}	0,404442 ^{ns}	15,514610 *
RESÍDUO	9	0,001140	0,035963	0,395616	2,574345
C.V. (%)		27,94	53,37	38,41	35,06

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 4A – Resumo da análise de variância da variável taxa de crescimento relativo (cm²/cm²/dia) entre os anos de 1995 e 1998 e o respectivo coeficiente de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
BLOCOS	3	0,14 x 10 ⁻⁶
TRATAMENTO	3	0,53 x 10 ⁻⁶ *
RESÍDUO	9	0,88 x 10 ⁻⁷
C.V. (%)		11,99

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5A – Resumo da análise de variância da variável produção de café dos anos de 1998 e 1999 e produção acumulada de café e os respectivos coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		Ano 1998 ¹	Ano 1999 ¹	Produção Acumulada ²
BLOCOS	3	0,5351	0,0210	0,0179
TRATAMENTO	3	1,2876 ^{ns}	0,5604 ^{**}	0,3341 ^{**}
RESÍDUO	9	0,4788	0,0620	0,0297
C.V. (%)		25,01	6,67	28,37

^{**} F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

¹ Dados transformados log(x).

² Dados transformados log(x+1).

Quadro 6A – Resumo da análise de variância conjunta dos teores foliares de nutrientes do cafeeiro entre os anos de 1998 e 1999 para as variáveis nitrogênio (%), fósforo (%), potássio (%), cálcio (%), magnésio(%), enxofre (%) e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco/Ano	3	0,07370	0,00067	0,29988	0,0016	0,001236	0,00237
Ano (A)	1	13,24710 ^{**}	0,02910 ^{ns}	6,89987 ^{**}	0,4916 ^{**}	0,020000 ^{**}	0,00010 ^{ns}
Tratamento (T)	3	0,23716 ^{ns}	0,004246 ^{ns}	0,23730 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,001112 ^{ns}	0,00162 ^{ns}
A X T	3	0,13279 ^{ns}	0,00297 ^{ns}	0,16212 ^{ns}	0,0070 ^{ns}	0,00053 ^{ns}	0,00069 ^{ns}
Resíduo	18	0,13353	0,00116	0,19579	0,0190	0,00113	0,00069
C.V. (%)		11,92	14,53	18,86	19,13	11,07	12,74

^{**} F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 8A – Resumo da Análise de Variância conjunta, das diferenças entre os anos de 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999, para pH em água (mg dm^{-3}) na profundidade de 0-5 cm (P1), 510 cm (P2), 10-20 cm (P3) e 20-40 cm (P4) e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		P1	P2	P3	P4
BLOCO/DIFERENÇA	6	0,0412	0,0289	0,0381	0,0346
DIFERENÇA (D)	2	0,0016 ^{ns}	0,1134 ^{ns}	0,1249 ^{ns}	0,3609**
TRATAMENTO (T)	3	0,0885 ^{ns}	0,0330 ^{ns}	0,0065 ^{ns}	0,0039 ^{ns}
D X T	6	0,0222 ^{ns}	0,0540 ^{ns}	0,0376 ^{ns}	0,0124 ^{ns}
RESÍDUO	27	0,0330	0,0256	0,0200	0,0107
C.V. (%)		13,43	12,09	10,60	7,98

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 9A – Resumo da Análise de Variância conjunta, das diferenças entre os anos 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999, para saturação de alumínio (%) na profundidade de 05 cm (P1), 10-20 cm (P3) e 20-40 cm (P4) e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		P1	P3	P4
BLOCO/DIFERENÇA	6	0,6757	2,3389	0,7140
DIFERENÇA (D)	2	3,8834*	4,1378 ^{ns}	12,7036 ^{ns}
TRATAMENTO (T)	3	1,5485 ^{ns}	1,2550 ^{ns}	0,7034 ^{ns}
D X T	6	0,4116 ^{ns}	3,5631 ^{ns}	3,1893 ^{ns}
RESÍDUO	27	0,5311	3,6972	2,3841
C.V. (%)		11,12	30,71	23,34

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 10A – Resumo da Análise de Variância das diferenças entre os anos de 1997-1998 (D1); 1998-1999 (D2) e 1995-1999 (D3) para saturação de alumínio (%) na profundidade de 5 a 10 cm e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V..	G. L..	QUADRADOS MÉDIOS		
		D1	D2	D3
BLOCO	3	1,9879	0,0741	0,7497
TRATAMENTO	3	1,4720 ns	0,1380 ns	2,9598*
RESÍDUO	9	2,1948	0,3599	0,7376
C.V. (%)		24,56	8,87	12,03

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 11A – Resumo das Análises de Variância do elemento potássio (mg dm⁻³) na profundidade de 0 a 5 cm para a diferença entre os anos de 1997-1998 (D1); 1998-1999 (D2); 1995-1999 (D3) e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V..	G. L..	QUADRADOS MÉDIOS		
		D1	D2	D3
BLOCO	3	8,7123	5,4848	5,3779
TRATAMENTO	3	3,0716 ns	11,5345 ns	10,9547 ns
RESÍDUO	9	7,6111	19,1568	2,9387
C.V. (%)		27,27	37,54	11,57

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 12A – Resumo da Análise de Variância conjunta, das diferenças entre os anos de 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999, do elemento potássio (mg dm^{-3}) nas profundidades de 5-10 cm (P2), 10-20 cm (P3) e 20-40 cm (P4) e os seus coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		P2	P3	P4
BLOCO/DIFERENÇA	6	10,9332	2,8595	3,6247
DIFERENÇA (D)	2	14,8976 ^{ns}	77,8030**	46,8653**
TRATAMENTO (T)	3	4,3422 ^{ns}	3,3898 ^{ns}	2,4005 ^{ns}
D X T	6	7,8095 ^{ns}	3,9134 ^{ns}	3,7310*
RESÍDUO	27	3,7020	2,1374	1,2593
C.V. (%)		17,08	12,40	9,54

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 13A – Resumo da Análise de Variância conjunta, das diferenças entre os anos de 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999, do elemento cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) nas profundidades de 0-5 cm (P1), 5-10 cm (P2), 10-20 cm (P3) e 20-40 cm (P4) e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		P1	P2	P3	P4
BLOCO/DIFERENÇA	6	0,0737	0,1074	0,0731	0,0143
DIFERENÇA (D)	2	0,6471*	0,4005 ^{ns}	0,9241 ^{ns}	1,4706**
TRATAMENTO (T)	3	0,1466 ^{ns}	0,0827 ^{ns}	0,0564 ^{ns}	0,0652 ^{ns}
D X T	6	0,0965 ^{ns}	0,1492 ^{ns}	0,1861*	0,0663 ^{ns}
RESÍDUO	27	0,1136	0,0783	0,0730	0,0332
C.V. (%)		21,44	18,54	17,61	12,18

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 14A – Resumo da Análise de Variância conjunta, das diferenças entre os anos de 1997-1998; 1998-1999 e 1995-1999, do elemento magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) nas profundidades de 0-5 cm (P1), 5-10 cm (P2), 10-20 cm (P3) e 20-40 cm (P4) e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		P1	P2	P3	P4
BLOCO/DIFERENÇA	6	0,0060	0,0175	0,0199	0,0142
DIFERENÇA (D)	2	0,1656 ^{ns}	0,3752*	0,3975*	0,5571**
TRATAMENTO (T)	3	0,0482 ^{ns}	0,0362 ^{ns}	0,0161 ^{ns}	0,0181 ^{ns}
D X T	6	0,0338 ^{ns}	0,0456 ^{ns}	0,0565*	0,0080 ^{ns}
RESÍDUO	27	0,0350	0,0200	0,0202	0,0057
C.V. (%)		16,67	12,40	12,09	6,43

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 15A – Resumo da Análise de Variância das variáveis, % de umidade da profundidade de 0 a 5 cm (UMP1); % de umidade da profundidade de 5 a 10 cm (UMP2); % de umidade da profundidade de 10 a 20 cm (UMP3) e % de umidade da profundidade de 20 a 40 cm (UMP4), do período seco dos dias amostrados e os coeficientes de variação (C.V.) (%)

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		UMP1	UMP2	UMP3	UMP4
BLOCOS	3	6,8517	14,0274	11,4528	4,4295
TRATAMENTO (T)	3	2,3349 ^{ns}	0,3840 ^{ns}	4,3803 ^{ns}	2,5838 ^{ns}
RESÍDUO (a)	9	3,3023	2,7020	3,8840	5,4588
DIAS (D)	4	13,1826**	8,6459**	3,0371*	1,4640 ^{ns}
T X D	12	1,3105 ^{ns}	0,6728 ^{ns}	1,6688*	1,3140 ^{ns}

RESÍDUO (b)	48	0,9143	1,3729	1,1299	1,5340
C.V. (%) PARCELA		26,24	19,93	18,09	17,32
C.V. (%) SUBPARCELA		13,81	14,20	9,76	9,18

* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - F não significativo a 5% de probabilidade.