

SCHEILLA MARINA BRAGANÇA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELO CAFEEIRO
CONILON (*Coffea canephora* Pierre)**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B813c
2005

Bragança, Scheilla Marina, 1958-
Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro
conilon (*Coffea canephora* Pierre) / Scheilla Marina
Bragança. – Viçosa : UFV, 2005.
xi, 99f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martinez.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 92-97

1. Café - Nutrição. 2. Café - Crescimento. 3. *Coffea
canephora*. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

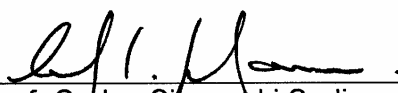
CDD 22.ed. 633.738911

SCHEILLA MARINA BRAGANÇA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELO CAFEIEIRO
CONILON (*Coffea canephora* Pierre)**

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

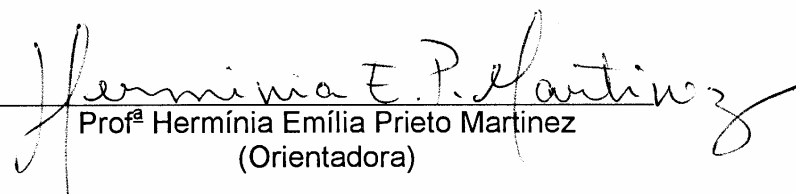
APROVADA: 7 de março de 2005.


Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama
(Conselheiro)


Prof. Victor Hugo Alvarez V.


Prof. Hélio Garcia Leite


Pesq. Antônio Alves Pereira


Prof.ª Hermínia Emília Prieto Martinez
(Orientadora)

Aos meus pais, Maria e Lenino, pela oportunidade desta reencarnação e pelo amor incondicional, ofertados a mim.

Aos meus irmãos, Rubens, Meroisa e Marta, meus eternos afetos.

Ao meu companheiro, Lúcio, pelo carinho e apoio constantes.

À Deus, causa primária de todas as coisas.

À comunidade científica.

“Eu vos digo em verdade que são chegados os tempos em que todas as coisas hão-de ser restabelecidas no seu verdadeiro sentido, para dissipar as trevas, confundir os orgulhosos e glorificar os justos”.

Espírito de Verdade

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À professora Hermínia Emília Prieto Martinez, pela orientação segura e eficiente.

Aos meus conselheiros, professores Paulo Roberto Mosquim e Carlos Sigueyuki Sedyama, pelas sugestões.

Ao professor Hélio Garcia Leite, pela orientação e ajuda nas análises estatísticas, essenciais à conclusão deste trabalho.

Ao professor Víctor Hugo Alvarez V. e ao pesquisador Antônio Alves Pereira, pelas contribuições que muito enriqueceram este trabalho.

Aos professores das disciplinas cursadas, em especial aos professores Paulo Roberto Cecon, Adair Regazzi e Lucy Tiemi Takahashi.

A amiga Silvana Lages, pelo carinho com que me recebeu em Viçosa e pelo apoio nas horas difíceis.

À Deise Menezes Ribeiro, pela competência e pelo exemplo de solidariedade.

Aos colegas de trabalho do INCAPER, em especial aos técnicos Abraão Carlos Verdim Filho, Paulo Sergio Volpi, Antônio Carlos Pacheco, Deguinho e Alemão, pela ajuda na coleta dos dados experimentais.

Aos pesquisadores do INCAPER e amigos muito queridos Moema Bachour Zangrande e José Antônio Lani, o meu carinho e agradecimento.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

SCHEILLA MARINA BRAGANÇA, filha de Lenino Walter Corçá e Maria Ribeiro, nasceu em 15 de agosto de 1958, em Alegre, Estado do Espírito Santo.

Em dezembro de 1980, diplomou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES.

Em março de 1981, iniciou o curso de pós-graduação em Agronomia, em nível de Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras, obtendo o título de *Magister Scientiae* em fevereiro de 1984.

Em abril de 1985, iniciou suas atividades profissionais como pesquisadora da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), atualmente Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no Estado do Espírito Santo, sendo efetivada em março de 1987.

Em março de 2001, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de *Doctor Scientiae* em março de 2005.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1. Características gerais da área experimental	3
2.1.1. Localização, clima e solo	3
2.2. Instalação	5
CAPÍTULO 1	7
ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E TAXA DE CRESCIMENTO DO CAFEEIRO CONILON (<i>Coffea canephora</i> PIERRE)	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Características avaliadas.....	11
2.1.1. Crescimento	11
2.1.2. Produtividade	12
2.2. Análise estatística	12

	Página
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	25
CAPÍTULO 2	27
ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAFEIRO CONILON (<i>Coffea canephora</i> PIERRE).....	27
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. Características avaliadas.....	31
2.1.1. Nutrientes	31
2.1.2. Produtividade	32
2.2. Análise estatística	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1. Nitrogênio	34
3.2. Cálcio	38
3.3. Potássio.....	41
3.4. Magnésio.....	44
3.5. Enxofre.....	47
3.6. Fósforo.....	49
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	52
CAPÍTULO 3	54
ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAFEIRO CONILON (<i>Coffea canephora</i> PIERRE).....	54
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	57
2.1. Características avaliadas.....	57
2.1.1. Nutrientes	57
2.2. Análise estatística	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.1. Ferro.....	59
3.2. Manganês.....	62

	Página
3.3. Boro	64
3.4. Zinco.....	65
3.5. Cobre	67
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	69
CAPÍTULO 4	71
FLUTUAÇÃO ESTACIONAL DOS TEORES DE NUTRIENTES E SUA PARTIÇÃO NOS DIFERENTES ÓRGÃOS DO CAFEIEIRO CONILON (<i>Coffea canephora</i> PIERRE).....	71
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAL E MÉTODOS	75
2.1. Características avaliadas.....	75
2.2. Análise dos dados experimentais.....	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
3.1. Macronutrientes.....	77
3.2. Micronutrientes	84
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
APÊNDICE	98

RESUMO

BRAGANÇA, Scheilla Marina, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2005. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez. Conselheiros: Paulo Roberto Mosquim e Carlos Sigueyuki Sedyama.

Com o objetivo de caracterizar o crescimento, o acúmulo e a flutuação estacional dos nutrientes no cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), foi instalado um experimento na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES. O transplântio foi realizado em outubro de 1995 e o experimento conduzido até o sexto ano de idade. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com vinte e quatro tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplântio. Os blocos foram dispostos em uma área com 1.500 plantas no sentido transversal à declividade do terreno e cada parcela constituída por única planta. Em cada bloco foram conduzidas 100 plantas úteis, no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Uma planta por época de amostragem foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio, em três repetições.

Nas avaliações utilizou-se o clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8111. As plantas úteis foram circundadas pelos outros clones da mesma variedade, que constituíram a bordadura. As adubações e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas existentes para a cultura, no estado do Espírito Santo. As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e a seguir foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Após o preparo das partes recém coletadas determinou-se o seu peso de matéria seca e concentração de macro e micronutrientes. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três repetições, foram determinadas: curvas de crescimento e acúmulo de nutrientes; taxas de crescimento e acúmulo de nutrientes; partição da biomassa e nutrientes em diferentes órgãos; produtividade e flutuação estacional da concentração de nutrientes. Concluiu-se que: 1) a matéria seca total, do tronco + ramos ortotrópicos, das raízes, das folhas, dos ramos plagiotrópicos, e dos frutos aumentou progressivamente segundo uma função sigmoideal, alcançando no 72^o mês 15,94 kg/planta, 7,39 kg/planta, 2,69 kg/planta, 2,65 kg/planta, 1,88 kg/planta e 1,33 kg/planta, respectivamente; 2) os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na planta aumentaram progressivamente segundo uma função sigmoideal, alcançando no 72^o mês 249,38 g, 14,17 g, 137,16 g, 214,10 g, 42,37 g e 23,64 g, respectivamente. A ordem de acúmulo foi: N > Ca > K > Mg > S > P; 3) os conteúdos de Fe, Mn, B, Zn e Cu na planta aumentaram progressivamente segundo uma função sigmoideal, alcançando no 72^o mês 4.716,05 mg, 1.018,32 mg, 336,39 mg, 239,96 mg e 87,85 mg, respectivamente. A ordem de acúmulo foi: Fe > Mn > B > Zn > Cu. 4) De modo geral, foram observados teores mais baixos de Mg em abril e de N, P, K, S e P, em julho. Para o cálcio, houve aumento contínuo das concentrações foliares ao longo do tempo. Os menores teores foliares de micronutrientes foram observados em abril, à exceção do boro, cujas concentrações reduziram-se de janeiro a outubro, e do cobre, cujas concentrações mantiveram-se praticamente constantes ao longo do ano.

ABSTRACT

BRAGANÇA, Scheilla Marina, D.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2005. **Growth and accumulation of nutrients for the coffee plant Conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. Adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez. Committee Members: Paulo Roberto Mosquim and Carlos Sigueyuki Sedyama.

With the objective to characterize the growth and the accumulation of nutrients for the coffee plant Conilon (*Coffea canephora* Pierre), an experiment was installed on the Experimental Farm of the Capixaba's Institute of Research, Technical Assistance and Rural Extension (INCAPER), in Marilândia, Espírito Santo State. The transplantation was accomplished in October 1995 and the experiment lead until the sixth year of age. The experimental design of blocks randomized was used with twenty-four treatments and three repetitions. Each treatment corresponded to a sampling time, accomplished in intervals of three months, starting from the transplantation. The blocks were disposed in an area with 1,500 plants in the traverse sense to the declivity of the land and each portion constituted by only one plant. In each block 100 useful plants were lead, in the spacing of 3.0 m between the lines and 1.5 m among plants. The collection of the data was made through samplings by block, in each time, in order to make the most of the exploration of the experimental area and to guarantee representativity of the plants sampled. One plant for sampling time

was picked, randomly, sort through, in three repetitions. In the evaluations the clone 02 was used, belonging to the variety clonal EMCAPA 8111. The useful plants were surrounded by the other clones of the same variety, that constituted the embroidery. The fertilization and the cultural treatments were accomplished in agreement with the existent technical recommendations for the culture, in Espírito Santo State. The three plants sampled in each time was removed from the soil by through of jets of water and then they were sectioned, in way to separate its organs in root, log + branches orthotropics, branches plagiotropics, leaves and fruits. After preparing it of the recently collected parts the weight of the matter it was determined it evaporates. Soon after, being used the medium values of the three plants, they were certain the characteristics related to the growth and the nutrients. Besides the collection of the fruits in the times established for the samplings, the productivity was evaluated in coffee beneficiary's sc/ha. It was concluded that: 1) the dry matter total, of the log + branches orthotropics, of the rootses, of the leaves, of the branches plagiotropics, and of the fruits increased progressively according to a function sigmoidal, reaching in the 72nd month 15.94 kg/plant, 7.39 kg/plant, 2.69 kg/plant, 2.65 kg/plant, 1.88 kg/plant and 1.33 kg/plant, respectively; 2) the contents of N, P, K, Ca, Mg and S in the plant increased progressively according to a function sigmoidal, reaching in the 72nd month, 249.38 g, 14.17 g, 137.16 g, 214.10 g, 42.37 g and 23.64 g. The accumulation order was: N>Ca>K>Mg>S>P; 3) the contents of Fe, Mn, B, Zn and Cu in the plant increased progressively according to a function sigmoidal, reaching in the 72nd month 4,716.05 mg, 1,018.32 mg, 336.39 mg, 239.96 mg and 87.85 mg, respectively. The accumulation order was: Fe>Mn>B>Zn>Cu; and 4) in general, texts were observed more bass of Mg in April and of N, P, K, S and P, in July. For the calcium, there was continuous increase of the concentrations foliated along the time. The smallest texts foliate of micronutrients were observed in April, except the bore, whose concentrations were reduced from January to October, and of the copper, whose concentrations stayed practically constant along the year.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Coffea canephora* Pierre é originária das florestas tropicais úmidas, de baixas altitudes, que se estendem desde a costa oeste até a região central do continente africano (CHARRIER e BERTHAUD, 1985), apresentando ampla adaptação às condições edafoclimáticas tropicais, de baixas altitudes e temperaturas elevadas.

No Brasil, a quase totalidade das lavouras de café, genericamente conhecido por robusta, é da variedade Conilon, pertencente à espécie *Coffea canephora*, sendo o Espírito Santo o maior produtor brasileiro, com 70 % da produção nacional, seguido dos estados de Rondônia, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso e Rio de Janeiro.

De grande importância econômica para o estado do Espírito Santo, a cafeicultura representa aproximadamente 29 % da renda do setor agrícola do Estado, 3 % da renda interna, 6 % do ICMS total e 65 % do ICMS arrecadado no setor primário (SILVA et al., 1993). Estima-se que cerca de 360 mil dos seus 2,6 milhões de habitantes dependam diretamente desta atividade (PEDEAG, 2003).

Atualmente, mais de 65 % do café produzido no Espírito Santo origina-se da variedade Conilon. Das 935 milhões de covas de café existentes, 549 milhões são desta variedade (PEDEAG, 2003), que se concentra na região norte-nordeste (80 %) e centro-sul (20 %). De modo geral, estas regiões possuem solos de baixa fertilidade, fazendo com que uma adubação

equilibrada seja prática indispensável na melhoria da produtividade e da qualidade.

No Brasil e em outros países, as pesquisas sobre a nutrição mineral e adubação da espécie *Coffea arabica* têm sido efetuadas de forma mais ampla do que para o *Coffea canephora*, existindo vários trabalhos publicados sobre o assunto. Particularmente para o café Conilon, a falta de dados sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes têm dificultado o acompanhamento das lavouras no Estado do Espírito Santo, principalmente no que diz respeito às recomendações de adubação.

Ao fazer recomendação de adubação é necessário saber, dentre outros fatores, quais as exigências nutricionais da cultura, levando-se em consideração as quantidades de macro e micronutrientes necessárias ao crescimento e desenvolvimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos. Além disto, o conhecimento das épocas de maior demanda e a taxa de acúmulo dos nutrientes pela cultura permitem melhor aproveitamento dos mesmos. Isso é de particular importância para o cafeeiro Conilon devido ao seu alto potencial produtivo.

Além destes aspectos, os estudos sobre a análise de crescimento utilizando-se dados de acúmulo de matéria seca, permitem descrever o padrão de crescimento da cultura ou de parte dela, possibilitando comparações entre situações distintas, que podem ser aplicadas às mais diversas modalidades de estudos (HUNT, 1990).

O conhecimento de aspectos fenológicos e nutricionais é fundamental na melhoria da qualidade e produtividade do cafeeiro. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar o crescimento e o acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), no Estado do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características gerais da área experimental

2.1.1. Localização, clima e solo

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES, situado a uma altitude de 150 m, latitude de 19° 24' 31" sul e longitude de 40° 31' 24" oeste, sobre Latossolo Vermelho-Amarelo. Segundo a carta agroclimática do Estado do Espírito Santo (FEITOSA, 1996), Marilândia é caracterizada como tendo os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro úmidos; março, abril e outubro parcialmente úmidos; e maio, junho, julho, agosto e setembro secos. A média das temperaturas máximas é de 33,5 °C, e a média das temperaturas mínimas, de 13,9 °C. No Quadro 1 são apresentados os dados de temperatura média mensal e precipitação mensal em milímetros de chuva, referentes ao período do estudo.

Quadro 1 – Temperatura e precipitação médias mensais referentes ao período do estudo

Mês	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)	T (°C)	Prec. (mm)
Jan.	28,3	10,4	28,2	57,2	27,7	234,7	28,4	244,5	26,8	28,0	27,1	214,4	26,7	169,9
Fev.	30,1	37,6	29,2	66,4	26,3	171,2	28,9	51,5	27,3	13,0	28,7	178,6	25,6	19,1
Mar.	-	-	29,4	65,4	25,6	381,2	27,0	77,1	26,0	213,4	27,1	187,2	27,4	41,1
Abr.	25,3	77,6	25,7	99,8	25,4	26,2	25,9	47,8	25,4	46,5	26,7	65,5	24,9	8,6
Mai	25,0	15,2	23,6	21,0	22,8	6,4	23,5	2,8	23,3	15,0	24,7	56,3	22,6	82,3
Jun.	21,5	7,2	21,9	18,8	20,4	-	23,9	4,0	22,9	33,5	22,8	24,7	-	32,0
Jul.	22,0	76,7	21,7	28,6	17,5	4,7	22,6	1,0	21,9	20,0	22,4	35,6	21,2	15,2
Ago.	23,1	57,8	21,2	4,00	22,9	18,4	21,7	0,0	22,3	11,0	22,5	11,1	23,3	106,8
Set.	23,7	27,6	23,7	61,0	25,7	9,1	23,6	3,1	23,2	8,60	23,1	33,8	22,3	46,8
Out.	25,5	149,0	24,9	165,8	25,1	104,6	23,8	169,9	26,5	80,4	23,4	14,1	22,3	141,6
Nov.	25,1	255,6	24,6	376,0	27,8	157,5	24,1	102,5	25,5	240,6	25,9	216,3	27,5	379,3
Dez.	26,5	279,6	27,4	266,7	28,1	192,5	26,4	92,9	26,7	129,3	26,3	291,1	26,1	246,9
Total	994,3		1.230,7		1.306,5		797,1		839,3		1.328,7		1.289,6	

2.2. Instalação

O transplântio foi realizado em outubro de 1995, sendo que o experimento foi conduzido até o sexto ano de idade. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplântio. Os blocos foram dispostos no sentido perpendicular à declividade do terreno, em uma área com 1.500 plantas, sendo cada parcela constituída por única planta. Cada bloco constou de 100 plantas úteis, conduzidas no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas.

A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando-se com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio, uma planta, por época de amostragem, em três repetições.

Nas avaliações utilizaram-se mudas clonais do clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8111, formada por dez clones de ciclo precoce de maturação dos frutos. As plantas úteis do clone 02 foram circundadas por mudas clonais propagadas a partir dos outros clones da mesma variedade, que constituíram a bordadura. A Figura 2 mostra o esquema da disposição das plantas no campo.

Antes do plantio foram retiradas amostras compostas do solo, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para análises química e granulométrica, cujos resultados encontram-se no Quadro 2. As plantas foram conduzidas em livre crescimento e as adubações e os tratos culturais foram feitos de acordo com as recomendações de BRAGANÇA et al. (2001). Foram utilizadas, no plantio, mudas clonais de seis meses de idade, sendo avaliadas quatro produções.

X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X		X		X		X		...	X		X		X		X		X
X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X		X		X		X		...	X		X		X		X		X
X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X
								...									
								...									
X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X		X		X		X		...	X		X		X		X		X
X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X		X		X		X		...	X		X		X		X		X
X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	X	X	X	X	X	X	X

= mudas clonais provenientes do clone 02.
X = bordadura.

Figura 2 – Esquema da área experimental.

Quadro 2 – Resultados das análises química e granulométrica das amostras do solo provenientes da área experimental^{1/}

Características	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
P (mg dm ⁻³) ^{2/}	6,0	3,0
K (mg dm ⁻³) ^{2/}	41,0	17,0
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	1,7	0,5
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	1,3	0,5
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^{3/}	0,7	1,8
H+AL (cmol _c dm ⁻³) ^{4/}	5,2	5,6
pH em água: (1:2,5) ^{5/}	4,5	4,0
MO (dag kg ⁻¹) ^{6/}	2,6	1,8
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,1	1,0
CTC (t) (cmol _c dm ⁻³)	3,8	2,8
CTC (T) (cmol _c dm ⁻³)	8,3	6,6
m (%)	18,0	64,0
V (%)	34,0	15,0
Fe (mg dm ⁻³) ^{2/}	90,0	169,0
Zn (mg dm ⁻³) ^{2/}	2,2	0,4
Cu (mg dm ⁻³) ^{2/}	1,2	0,4
Mn (mg dm ⁻³) ^{2/}	16,0	3,0
Areia grossa (%)	34,0	24,0
Areia fina (%)	23,0	19,0
Silte (%)	14,0	- ^{7/}
Argila (%)	29,0	57,0
Classificação textural	Franco argilo arenoso	Argila

^{1/} Análises realizadas no laboratório de nutrição mineral de plantas e física de solos do INCAPER.

^{2/} Extrator Mehlich 1.

^{3/} Extrator: KCL 1 mol/L.

^{4/} Extrator: Ca(CH₃COO)₂ 0,5 mol/L pH 7,0.

^{5/} pH em H₂O (1:2,5).

^{6/} Método Walkley-Black.

^{7/} Não detectado pelo método.

CAPÍTULO 1

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E TAXA DE CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO CONILON (*Coffea canephora* PIERRE)

1. INTRODUÇÃO

O crescimento pode ser definido como acúmulo líquido de carbono e outros componentes orgânicos nas plantas, sendo que o ganho de carbono é determinado pela disponibilidade local de luz, água e nutrientes (BUCHANAN, 2000).

Os estudos sobre análise de crescimento de espécies vegetais possibilitam acompanhar o desenvolvimento das plantas como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, permitindo conhecer o seu funcionamento e suas estruturas (BENICASA, 1988). Seu fundamento é a medida seqüencial da acumulação de matéria orgânica e a sua determinação é feita, normalmente, considerando a matéria seca da planta e, ou, suas partes secas (MAGALHÃES, 1979).

Para HUNT (1990), a análise de crescimento tem como objetivo descrever o desempenho das espécies crescendo em condições de ambiente natural ou controlado. Portanto, a análise de crescimento expressa as condições morfofisiológicas da planta e avalia sua produção líquida, derivada

do processo fotossintético, sendo o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo. Este desempenho é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos à planta, refletindo em seu crescimento e desenvolvimento (LARCHER, 2000).

Pode-se também expressar a curva de crescimento de uma espécie utilizando a matéria seca produzida num período de tempo, por meio da taxa de crescimento absoluto (AGR) e da taxa de crescimento relativo (RGR). O primeiro índice representa a matéria seca produzida por unidade de área ou de planta durante certo tempo e o segundo representa a *dinâmica* de acúmulo de matéria seca, ao longo do tempo, relacionada à sua matéria seca inicial (HUNT, 1990). Assim, a taxa de crescimento relativo representa o acúmulo de matéria seca por unidade de matéria seca e por unidade de tempo.

O crescimento do cafeeiro é influenciado por vários fatores, destacando-se os genéticos e os edafoclimáticos. Sua análise tem sido objeto de vários estudos, notadamente para o *Coffea arabica*, cujos resultados têm evidenciado que esta espécie possui características próprias que a diferenciam daquelas de ciclo anual. De acordo com KOZLOWSKI e PALLARDY (1996), um aspecto importante da natureza e periodicidade de crescimento em árvores de zonas temperadas e tropicais é que o aumento inicial em tamanho ou peso de matéria seca das plantas, órgãos ou tecidos é aproximadamente linear. Contudo, vários mecanismos internos de controle do crescimento induzem a uma modificação desta relação que pode, em um período maior, ser descrita de forma mais adequada por uma curva sigmoide. Como o cafeeiro é considerado uma árvore (MAESTRI e BARROS, 1977), espera-se que suas estruturas vegetativas e reprodutivas assumam esse padrão de crescimento com o aumento da idade.

De modo geral, as plantas lenhosas empregam uma grande quantidade de assimilados na construção dos tecidos de sustentação e condução. No primeiro ano de vida, a matéria seca de folhas pode representar a metade do total de matéria seca da planta. No entanto, com o aumento do porte, altera-se a proporção entre matéria seca de folhas e a matéria seca do caule, pois a partir deste período a folhagem cresce pouco, mas o caule e os ramos aumentam de tamanho e peso. A matéria seca da folhagem em uma árvore já formada representa somente 1 a 5 % da matéria seca total; no entanto, essa mesma folhagem fornece fotoassimilados para manutenção e crescimento de

todas as outras partes da planta. A conseqüência dessa situação é uma gradual diminuição da produtividade e da taxa de crescimento (LARCHER, 2000).

Alguns aspectos do crescimento do *Coffea arabica* têm sido estudados, principalmente no Brasil, sendo o acúmulo de matéria seca em função do tempo um deles. Estas pesquisas tomaram impulso na década de 1950 com os trabalhos de CATANI e MORAES (1958), que estudaram a variedade Bourbon Vermelho até os cinco anos de idade. Estes autores observaram que esta variedade apresentou um aumento crescente de matéria seca, alcançando um total de 10.174 g/planta, ao final do experimento, distribuídos entre raiz (1.352 g/planta), tronco (3.398 g/planta), ramos (2.480 g/planta), folhas (1.263 g/planta) e frutos (1.681 g/planta). Em termos percentuais, o tronco e os ramos foram os órgãos que mais contribuíram para este total, com aproximadamente 33,40 e 24,37 %, seguidos pelos frutos (16,52 %), raízes (13,29 %) e folhas (12,41 %).

Posteriormente, CATANI et al. (1965), trabalhando com a variedade Mundo Novo (*Coffea arabica*), afirmaram que o cafeeiro de dez anos de idade está em pleno crescimento. Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que esta variedade acumulou uma matéria seca total de 19.417 g/planta ao final desse período. Nesse total não foram incluídos os frutos e as raízes. À semelhança do que ocorreu para a variedade anteriormente citada, a partição de matéria seca para o tronco e os ramos foi de 50,05 e 30,20 %, seguidos das folhas com 19,74 %. Levando-se em consideração o que KOZLOWSKI e PALLARDY (1996) citaram, até dez anos de idade, o 'Mundo Novo' não mostrou um padrão sigmoidal de crescimento.

Em trabalho mais recente envolvendo o estudo destas variáveis, CORRÊA et al. (1985), trabalhando com as cultivares Catuaí Vermelho IAC 81 e Mundo Novo IAC 379/19, também concluíram que a quantidade de matéria seca total foi crescente até os 6,5 anos de idade nas duas variedades estudadas, que alcançaram um valor máximo de 24,6 kg/planta e 27,69 kg/planta, respectivamente. Por serem variedades mais produtivas que aquelas utilizadas por CATANI e MORAES (1958) e CATANI et al. (1965), aos 30 meses de idade, a proporção de matéria seca de folhas em relação à proporção de matéria seca dos frutos foi de 0,38, relação considerada estreita

pelo autor. Resultados semelhantes foram obtidos por CIETTO et al. (1991a) com a cultivar Catuaí, de cinco anos de idade.

Levando-se em consideração estes aspectos, objetivou-se com este trabalho determinar o acúmulo de matéria seca e a taxa de crescimento do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área experimental e os detalhes sobre a instalação e condução do experimento estão descritos nas páginas 3 a 6.

2.1. Características avaliadas

As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d' água e a seguir foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca. Flores e botões florais não foram considerados. Além da coleta dos frutos nas épocas estabelecidas para as amostragens, foi avaliada a produtividade do café beneficiado em sc/ha. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três plantas, foram determinadas as características de crescimento e as relacionadas à produtividade.

2.1.1. Crescimento

As partes recém-coletadas foram lavadas sob fluxo contínuo de água de torneira, enxaguadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, para secagem até peso constante da matéria seca. A seguir, procedeu-se a pesagem em balança de precisão.

A taxa de crescimento absoluto (AGR) foi obtida pela subtração do peso estimado da matéria seca em um determinado mês pelo peso da matéria seca obtida no mês anterior. Pela divisão da taxa de crescimento absoluto, em um determinado mês, pelo peso estimado da matéria seca da planta naquele mês, foi determinada a taxa de crescimento relativo (RGR), conforme FAYAD (1998).

2.1.2. Produtividade

A determinação da produtividade foi feita com os frutos colhidos no estágio “cereja” (fisiologicamente maduros) e a seguir foram secados e beneficiados. Os valores obtidos foram expressos em sc/ha de café beneficiado.

2.2. Análise estatística

As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e genéticas (EUCLIDES, 2004). Na análise de regressão foram ajustados os modelos sigmoidais disponíveis no software CurveExpert. A seleção do melhor modelo foi feita com base na análise gráfica dos resíduos e na análise do coeficiente de correlação entre valores observados e estimados da variável dependente, conforme DRAPER e SMITH (1988). Na análise de regressão, a variável independente foi sempre considerada a idade da planta, expressa em meses após o transplântio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção total de matéria seca do cafeeiro Conilon foi crescente durante a condução do experimento alcançando o máximo de 15,94 kg/planta no 72º mês (Figura 1). A matéria seca das folhas, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, raízes, tronco + total de ramos, aumentaram até alcançar 2,65 kg/planta, 7,39 kg/planta, 1,88 kg/planta, 2,69 kg/planta e 9,30 kg/planta, respectivamente (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6). O peso da matéria seca dos frutos, calculado por diferença, foi de 1,33 kg/planta, respectivamente.

O modelo logístico ajustado para todas estas variáveis, com exceção dos frutos, descreveu de forma semelhante o padrão de crescimento para árvores, descrito por KOZLOWSKI e PALLARDY (1996) e que foi observado por CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965), CORRÊA et al. (1985) e CIETTO et al. (1991a), para *Coffea arabica*.

Analisando-se os resultados da partição de matéria seca nos diversos órgãos da planta (Figura 7), no 72º mês, constatou-se que esta variável é constituída, principalmente, pelo tronco + ramos ortotrópicos (46 %), seguidos das folhas (17 %) e das raízes (17 %), dos ramos plagiotrópicos (12 %), e dos frutos (8 %). Entretanto, estes resultados podem variar em função do ano e da época do ano. A amostragem realizada no 72º mês, que resultou numa partição de matéria seca de 8% para os frutos, coincidiu com o mês de outubro, época em que os frutos ainda estavam em fase de crescimento.

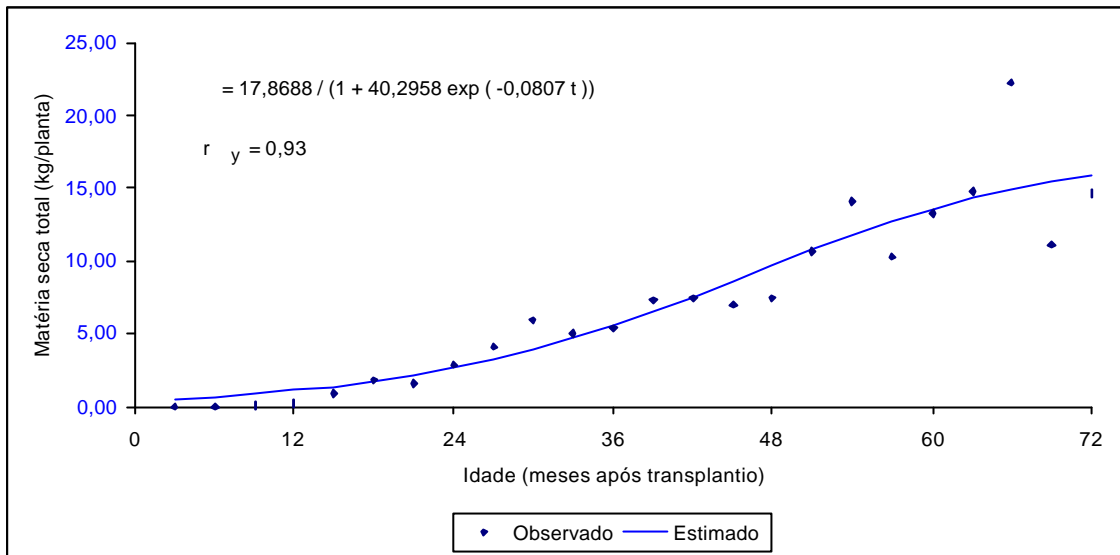


Figura 1 – Produção de matéria seca total do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplântio até 72 meses de idade.

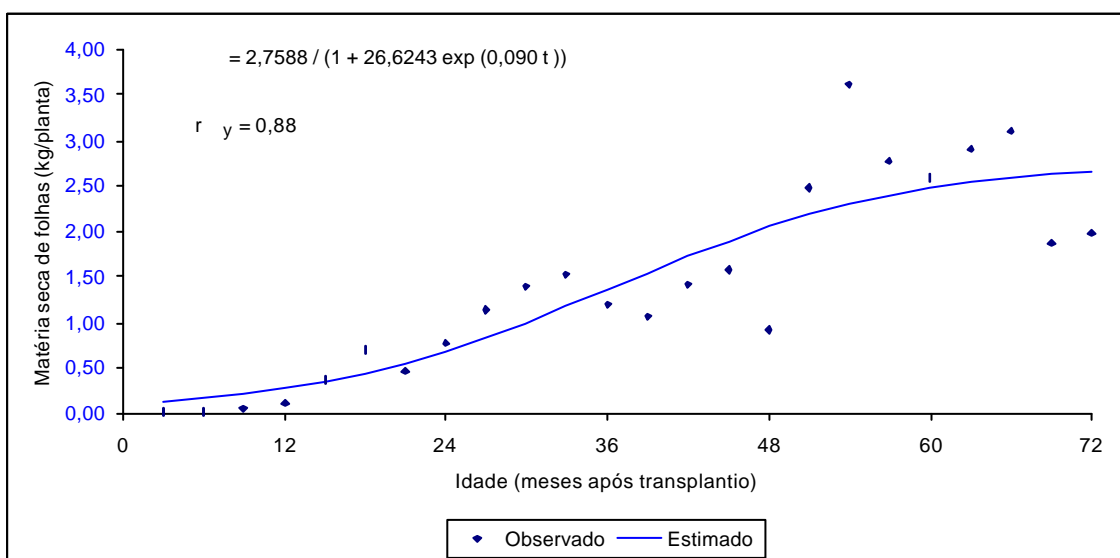


Figura 2 – Produção de matéria seca das folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplântio até 72 meses de idade.

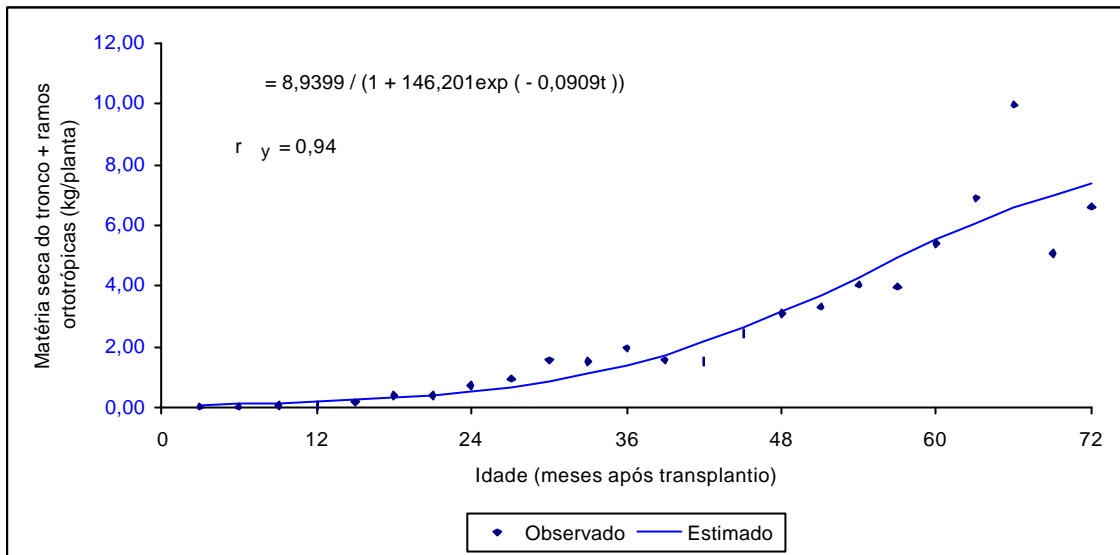


Figura 3 – Produção de matéria seca do tronco + ramos ortotrópicos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplante até 72 meses de idade.

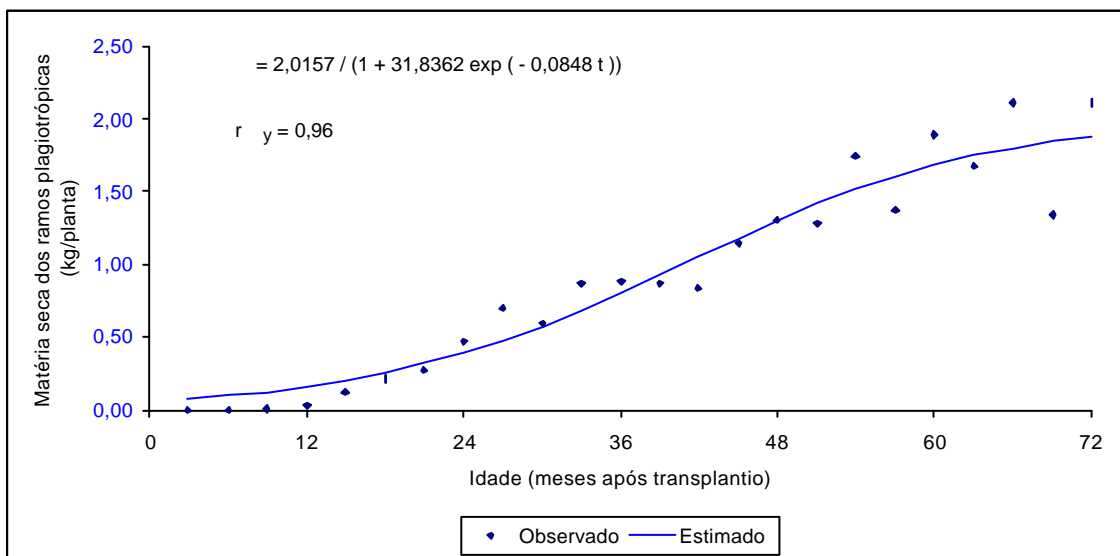


Figura 4 – Produção de matéria seca dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplante até 72 meses de idade.

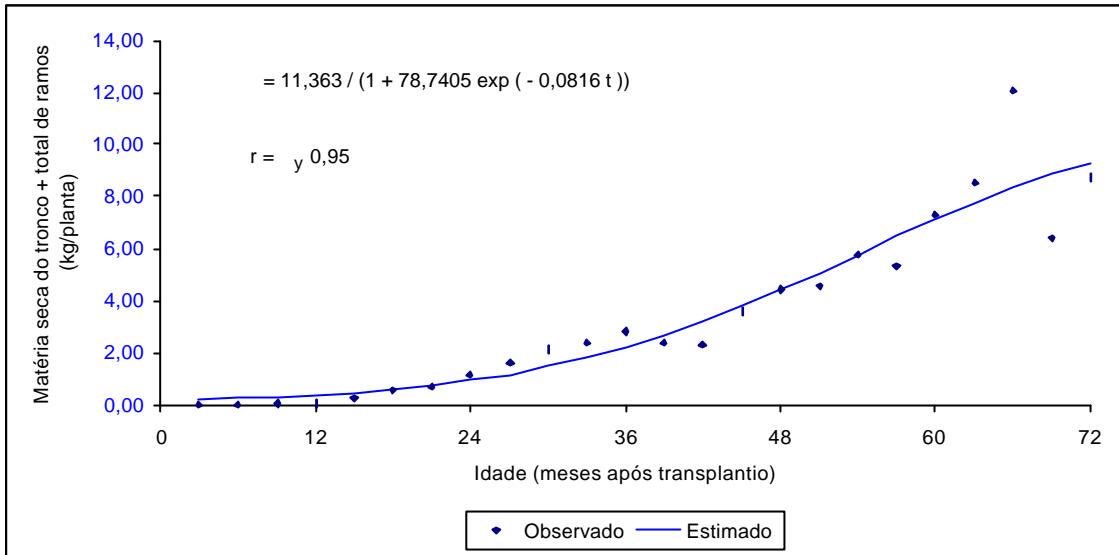


Figura 5 – Produção total de matéria seca do tronco + total de ramos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplante até 72 meses de idade.

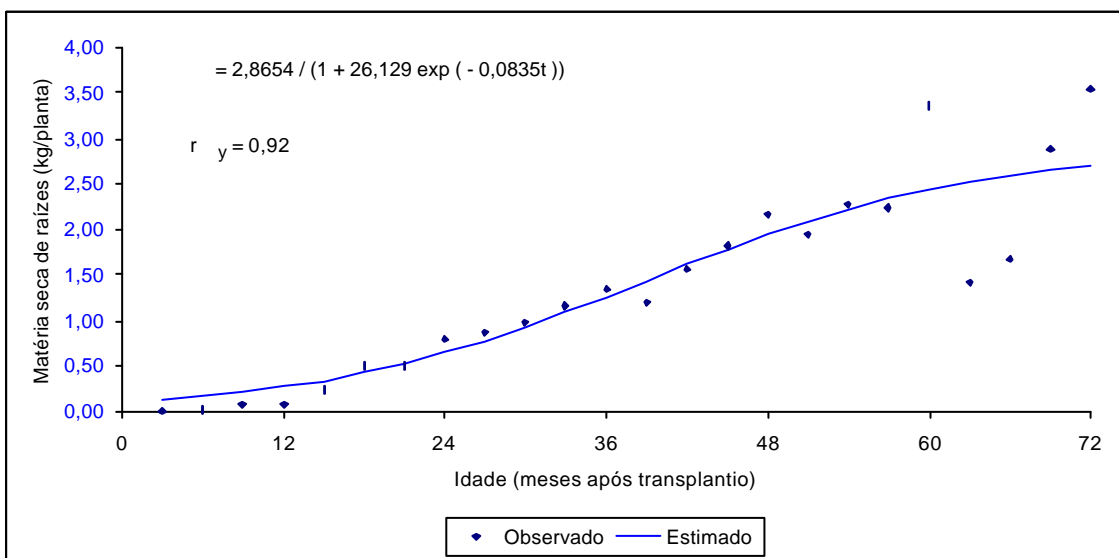


Figura 6 – Produção total de matéria seca de raízes do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), do transplante até 72 meses de idade.

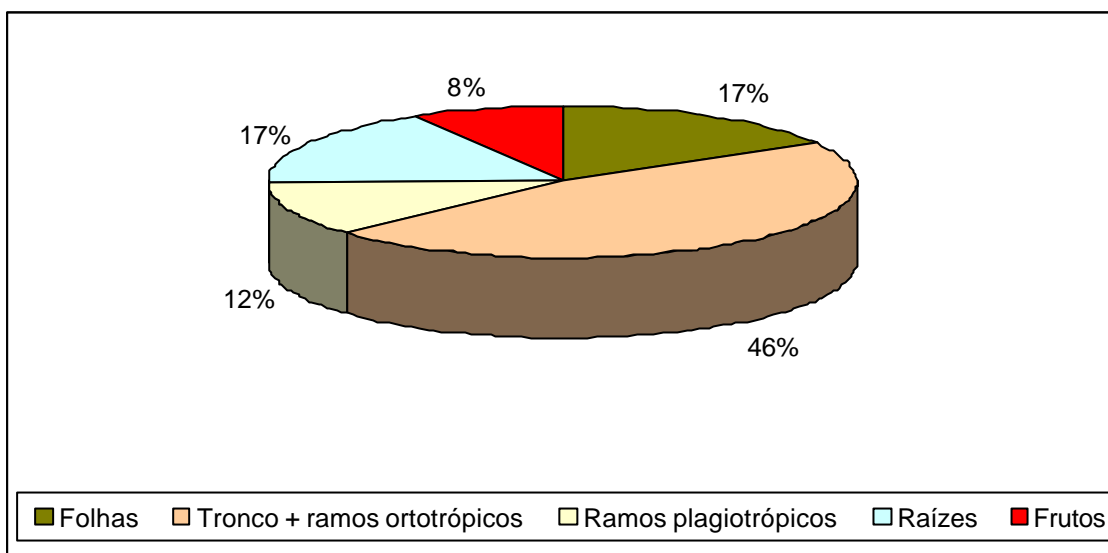


Figura 7 – Partição de matéria seca pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), aos 72 meses de idade, após transplântio para o campo.

Quando se comparam os dados de matéria seca da parte vegetativa com a produtividade de grãos beneficiados, verifica-se que houve uma variação na proporção entre os diferentes órgãos analisados (Figura 8), durante a condução do experimento. A partição de matéria seca avaliada aos 30, 42, 54 e 66 meses de idade mostra que a proporção de matéria seca dos frutos tendeu a reduzir-se com a idade das plantas, enquanto a contribuição total do tronco + total de ramos tendeu a aumentar devido ao maior número de hastes que se desenvolvem verticalmente na planta. Estes resultados são semelhantes àqueles encontrados por CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965) e CIETTO et al. (1991a) e difere daqueles apresentados por CORRÊA et al. (1985) que verificaram uma semelhança na proporção entre caule, folhas e ramos em termos de produção de matéria seca. Provavelmente, estas diferenças encontradas nestes trabalhos refletem as diferenças nas condições ambientais e genéticas dos materiais utilizados.

De acordo com KOZLOWSKI e PALLARDY (1996), informações relacionadas à partição de matéria seca entre raízes, caules, ramos e folhas são necessárias para a compreensão de como o ambiente e as práticas culturais interferem no crescimento, sendo que, BARTELINK (1998), apresentou um

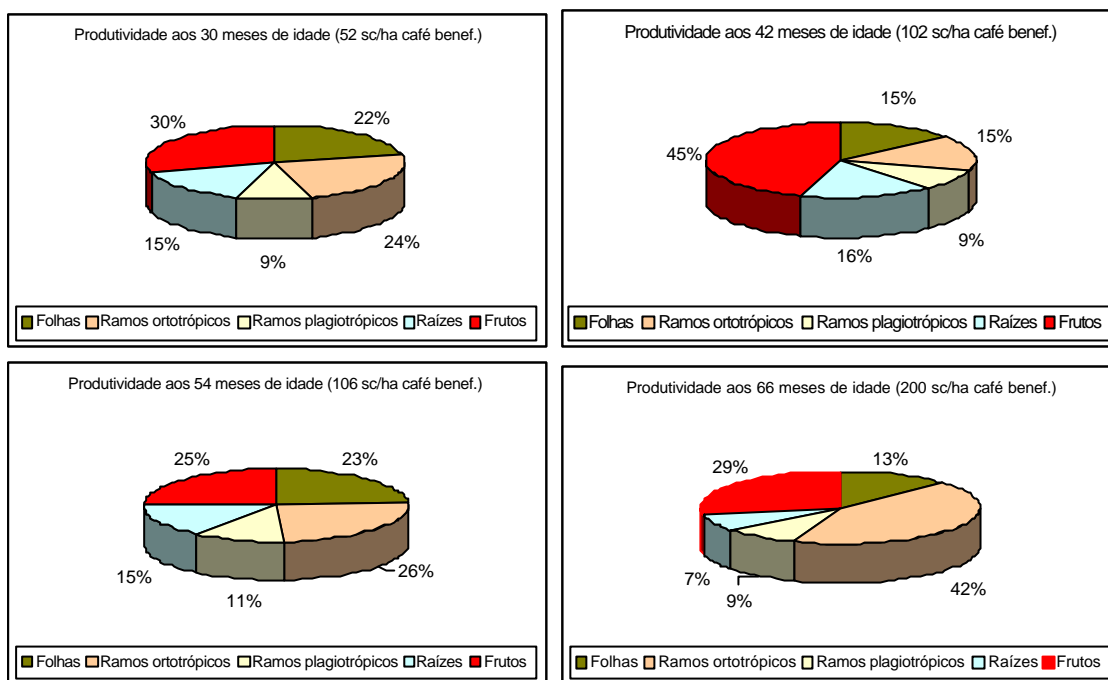


Figura 8 – Partição de matéria seca e produtividade do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), em função da idade, expressa em meses após o transplântio.

modelo de partição de matéria seca, em árvores, com base no conceito de *balanço estrutural*. Embora existam conceitos teóricos de partição, eles incluem várias características que não podem ser quantificadas.

A relação parte aérea/raiz do cafeeiro Conilon, avaliada aos 42 meses de idade, foi de 3,39, considerada a mais estreita nas quatro produções, o que também coincidiu com a menor relação entre a matéria seca das folhas e dos frutos, que foi de 0,32. Este valor encontrado é ainda menor que aquele observado por CORRÊA et al. (1985) para a variedade Catuaí Vermelho IAC 81, aos 30 meses de idade. Da mesma forma que ocorreu para *Coffea arabica*, este aspecto pode estar relacionado ao desgaste que o cafeeiro apresenta após a primeira colheita.

Por outro lado, a menor relação raiz/parte aérea foi de 0,10, constatada aos 66 meses de idade, coincidentemente quando o Conilon apresentou uma produtividade de 200 sc/ha de café beneficiado. Tal aspecto mostra a importância da proporcionalidade entre estas partes, cuja relação é definida por KLEPPER (1991) como uma *função de equilíbrio*; ou seja, a parte aérea do

cafeeiro em relação às suas raízes deve manter uma proporção adequada, principalmente em anos de alta produtividade.

A taxa de crescimento absoluto (AGR) e a taxa de crescimento relativo (RGR) calculadas com os dados primários de matéria seca total da parte vegetativa acrescida dos frutos estão representadas na Figura 9. A taxa de crescimento absoluto aumentou de 0,14 kg mês⁻¹, no 3^o mês, até 1,08 kg mês⁻¹, no 48^o mês, diminuindo a seguir, até alcançar 0,46 kg mês⁻¹, no 72^o mês.

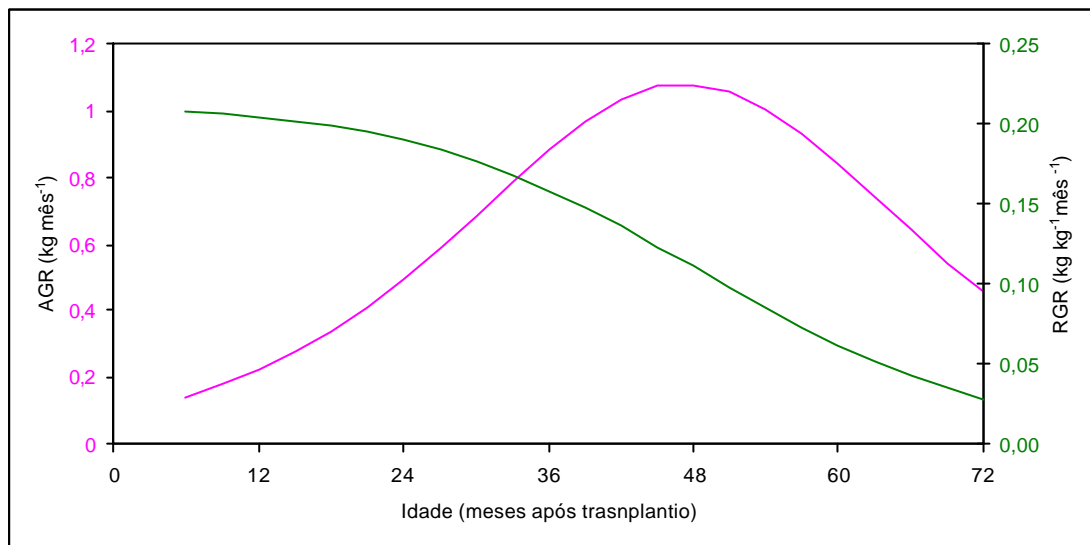


Figura 9 – Taxas totais de crescimento absoluto e de crescimento relativo do cafeeiro Conilon.

CANNELL e KIMEU (1971), comparando AGRs de cafeeiros *Coffea arabica* conduzidos com poda (sistema unicaule), no Kenya, com aqueles manejados sem poda (sistema multicaule), nas condições de Campinas/SP (Brasil), mencionaram que os primeiros cresceram muito mais rapidamente (40 a 150 g semana⁻¹) do que os últimos (25 a 80 g semana⁻¹). Comparando os resultados encontrados por estes autores com aqueles encontrados neste trabalho, constatou-se que, de modo geral, as AGRs apresentadas pelo Conilon foram superiores, principalmente no 48^o mês. Entretanto, como o crescimento do cafeeiro é influenciado por fatores relacionados à genética, ao clima e ao manejo da planta, dentre outros, estes autores citaram que os resultados referentes às taxas de crescimento absoluto devem ser aplicados com cautela.

Enquanto os cafeeiros do trabalho de CANNELL e KIMEU (1971), no Kenya, foram manejados com único caule, o Conilon foi conduzido a livre crescimento. Dentro deste contexto, verificou-se que o Conilon cresceu de forma mais rápida, mesmo sendo conduzido a livre crescimento. Por ser a natureza multicaule determinada geneticamente, é provável que alguns fatores relacionados ao crescimento sejam diferentes nesta variedade, como por exemplo, a relação fonte-dreno.

Diversas teorias têm sido propostas para descrever e, ou, explicar a distribuição de assimilados e, conseqüentemente, a partição de matéria seca nos órgãos das plantas. Há a hipótese de que a distribuição da matéria seca na planta seja regulada pela força do dreno dos órgãos, termo usado para descrever a habilidade competitiva de um órgão importar assimilado, quantificada pelas suas taxas de crescimento potenciais (HEUVELINK, 1996).

Constatou-se que os ramos ortotrópicos do Conilon (37,93%) comportaram-se como dreno principal da planta (Figura 7), notadamente aos 72 meses de idade. Em plantas conduzidas a partir de mudas propagadas por sementes e a livre crescimento, observa-se em condições de campo, que a cada ano novos ramos ortotrópicos são emitidos, podendo atingir aos 12 anos de idade mais de 50 hastes por planta. Neste caso, o vigor, a área foliar, a produtividade e a longevidade destas novas brotações tendem a ser cada vez menores. Neste contexto, começa a se estabelecer, gradualmente, um desequilíbrio entre a área foliar da planta e a matéria seca total, constituída basicamente pelos ramos ortotrópicos. Estes, devido à sua grande quantidade, passam a constituir-se num forte dreno de carboidratos, competindo fortemente com as demais partes demandadoras da planta (raiz, flores, frutos, folhas e processos metabólicos), acarretando a queda gradual da produtividade. Após colheitas sucessivas, os ramos reduzem o seu vigor, não havendo crescimento compensatório para manutenção de altas produtividades. Este processo faz da poda uma prática de manejo indispensável.

Por outro lado, a taxa de crescimento relativo do Conilon, que depende, fundamentalmente, da área foliar útil para a fotossíntese e da taxa de fotossíntese líquida, diminuiu ao longo do ciclo de observações, variando de 0,21 kg kg⁻¹ mês⁻¹, no 3^o e 6^o mês, a 0,03 kg kg⁻¹ mês⁻¹, no 72^o mês, indicando diminuição de matéria seca por unidade de matéria seca contida na planta, no

início do experimento. Uma diminuição nos valores da RGR, em função do tempo, é comum para algumas espécies, estando relacionados aos decréscimos na taxa assimilatória líquida e na razão de área foliar.

Os resultados obtidos para as taxas de crescimento relativo das folhas, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, tronco + total de ramos e raízes do cafeeiro Conilon foram semelhantes àqueles obtidos quando se considerou a matéria seca total (Figuras 10, 11, 12, 13 e 14); ou seja, houve diminuição de matéria seca por unidade de matéria seca contida na planta no início do experimento. Por outro lado, as taxas de crescimento absoluto aumentaram no transcorrer das avaliações, alcançando o valor máximo entre o 36^o e o 57^o mês. Os maiores AGRs foram apresentados pelo tronco + ramos ortotrópicos (0,61 kg mês⁻¹), seguidos por folhas (0,19 kg mês⁻¹), raízes (0,18 kg mês⁻¹) e ramos plagiotrópicos (0,13 kg mês⁻¹), respectivamente.

Segundo CASTRO-DIEZ et al. (1998), as plantas diferem amplamente em suas taxas de crescimento relativo e estas diferenças podem ser atribuídas parcialmente às condições ambientais e características inerentes da espécie. Ressalta que vários pesquisadores têm procurado identificar características da planta para explicar estas variações, como aquelas relacionadas à fisiologia, anatomia foliar, partição de nutrientes, composição química e alocação de nutrientes. Trabalhando com 80 espécies lenhosas de região de clima temperado, estes autores encontraram uma RGR que variou de 0,014 g g⁻¹ dia⁻¹ para *Ilex aquifolium* a 0,227 g g⁻¹ dia⁻¹ em *Solanum dulcamara*.

Em relação ao cafeeiro, VENKATARAMANAN et al. (1983), estudaram as variações nas taxas de crescimento relativo de *seedlings* pertencentes a vários germoplasmas das espécies *C. arabica* e *C. canephora*, durante dois períodos de crescimento (4,5 aos 7,5 meses e 7,5 aos 9,5 meses de idade). Observaram que as RGRs de *seedlings* com 9,5 meses de idade foram menores quando comparadas àqueles com 7,5 meses, evidenciando uma diminuição em função do tempo. De modo geral, todos os cafés tipo arábica mostraram menores RGRs quando comparados à seleção 'S 274' de Robusta, que apresentou incremento de matéria seca por unidade de matéria seca presente de 0,1272 g g⁻¹ semana⁻¹ e 0,1218 g g⁻¹ semana⁻¹, para o primeiro e segundo período estudado, respectivamente. Entretanto, os valores de RGRs encontrados para todos os germoplasmas de cafés estudados foram menores

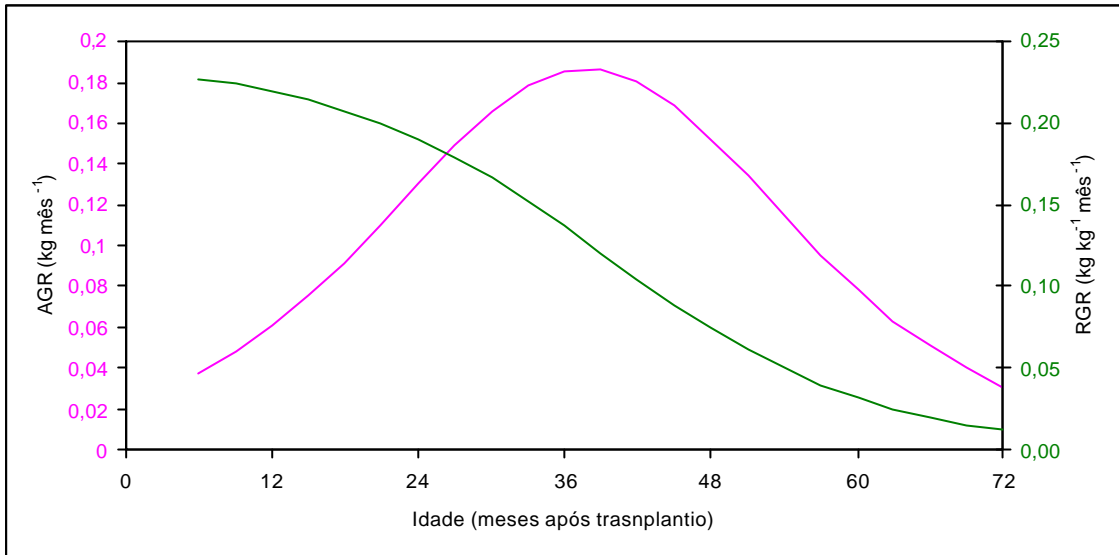


Figura 10 – Taxas de crescimento absoluto e de crescimento relativo de folhas do cafeeiro Conilon.

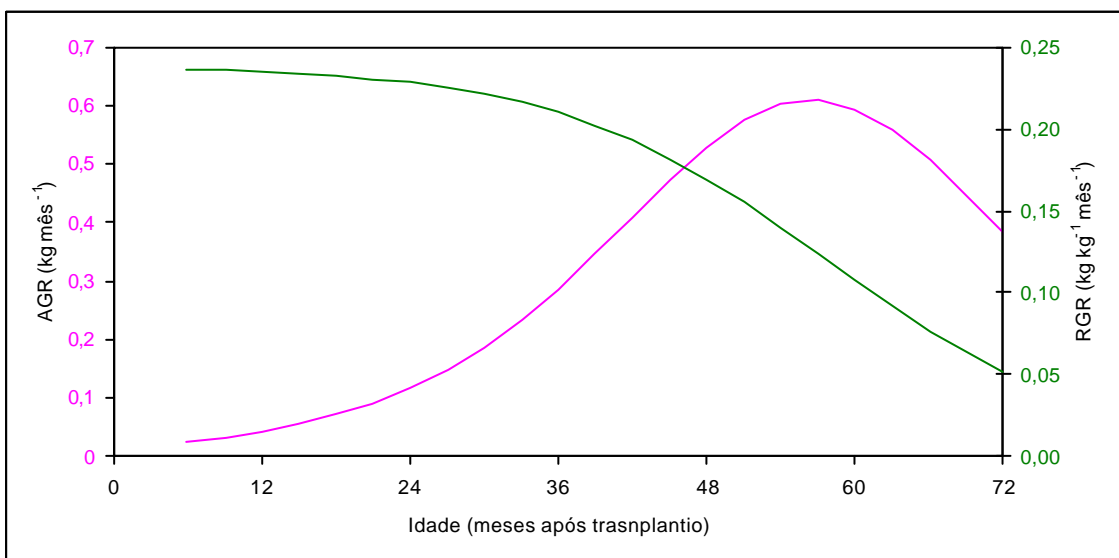


Figura 11 – Taxas de crescimento absoluto e de crescimento relativo do tronco + ramos ortotrópicos do cafeeiro Conilon.

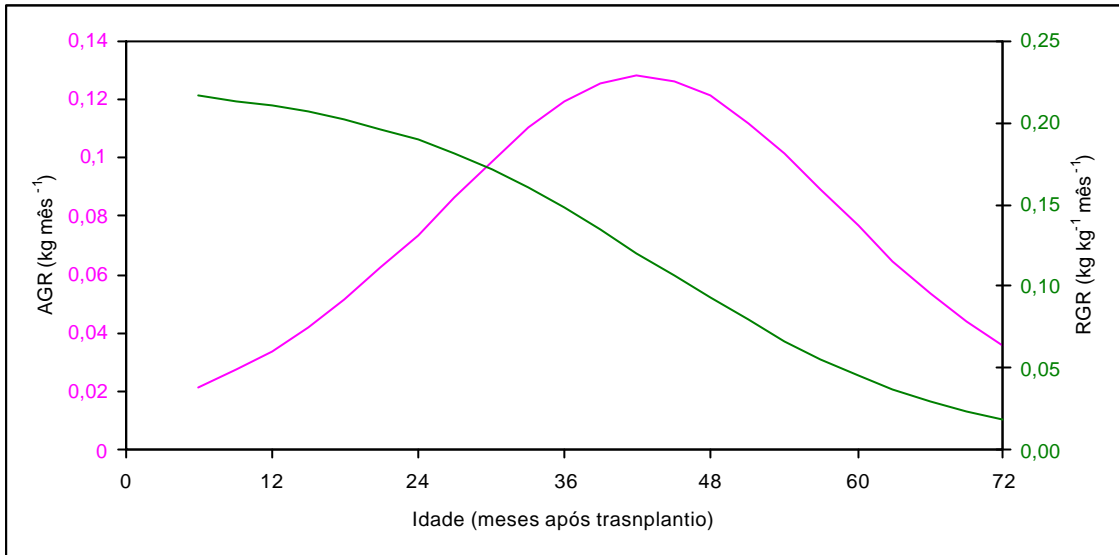


Figura 12 – Taxas de crescimento absoluto e de crescimento relativo de ramos plagiotrópicos do cafeeiro Conilon.

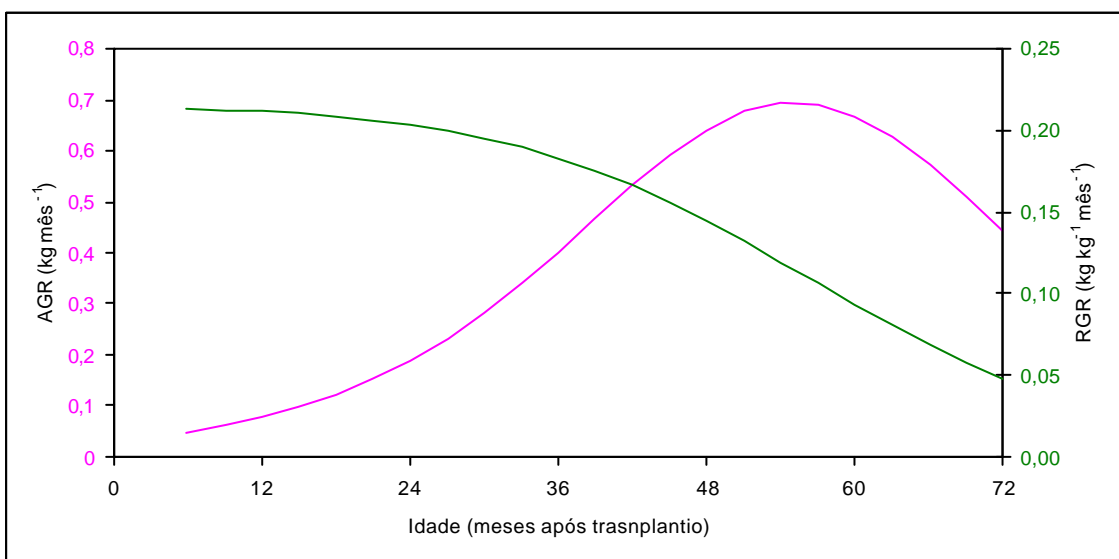


Figura 13 – Taxas totais de crescimento absoluto e de crescimento relativo do tronco + total de ramos do cafeeiro Conilon.

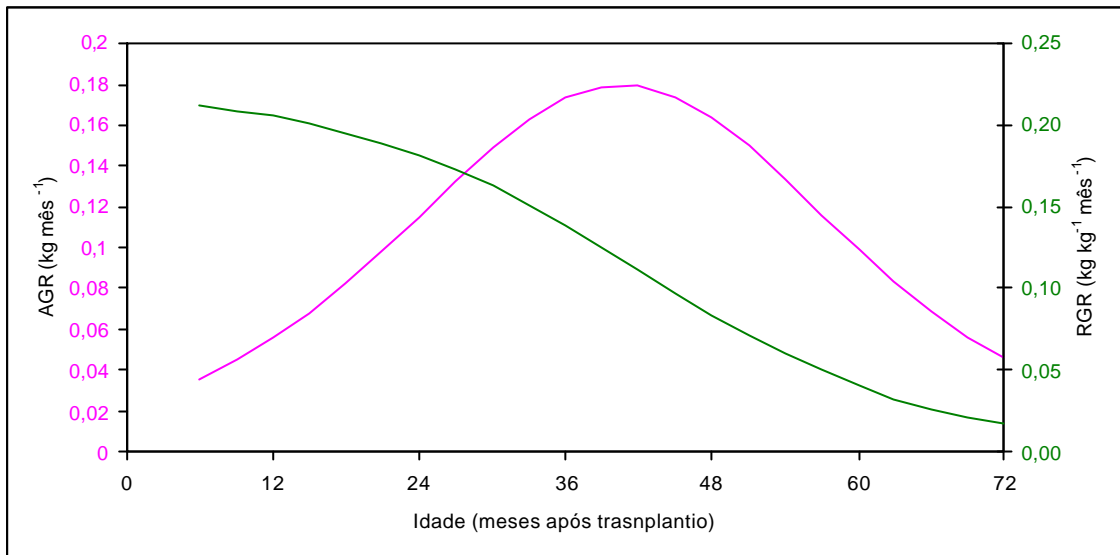


Figura 14 – Taxas de crescimento absoluto e de crescimento relativo de raízes do cafeeiro Conilon.

quando comparados a algumas espécies cultivadas como milho, feijão, cana-de-açúcar, algodão, beterraba-açucareira, batata, cevada, trigo e aveia. ALVIM (1960) constatou valores muito mais altos de RGRs em cafeeiros da variedade Bourbon (*C. arabica*), o que pode ser atribuído a diferenças na idade e também às condições edafoclimáticas sob as quais aqueles *seedlings* foram cultivados.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de caracterizar o acúmulo de matéria seca e a taxa de crescimento do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), foi instalado um experimento na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES. O plantio foi realizado em outubro de 1995 e o experimento conduzido até o sexto ano de idade.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplântio. Os blocos foram dispostos em uma área com 1.500 plantas no sentido perpendicular à área do experimento e cada parcela constituída por única planta. Em cada bloco foram conduzidas 100 plantas úteis, no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio, uma planta por época de amostragem, em três repetições. Nas avaliações utilizou-se o clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8 111. As plantas úteis foram circundadas pelos outros clones da mesma variedade, que constituíram as bordaduras. As adubações e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações feitas para a cultura no Estado do Espírito Santo.

As três plantas amostradas, em cada época, foram retiradas do solo por meio de jatos d' água e a seguir foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Após o preparo das partes recém-coletadas determinou-se a produção de matéria seca. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três plantas, foram determinadas as características de crescimento e produção de frutos. Além da coleta dos frutos nas épocas estabelecidas para as amostragens, foi avaliada a produtividade do café beneficiado em sc. /ha.

Concluiu-se que:

1. A matéria seca total, do tronco + total de ramos, do tronco + ramos ortotrópicos, das raízes, das folhas, dos ramos plagiotrópicos e dos frutos aumentou progressivamente até alcançar 15,94 kg/planta, 9,30 kg/planta, 7,39 kg/planta, 2,69 kg/planta, 2,65 kg/planta, 1,88 kg/planta e 1,33 kg/planta, respectivamente. Em ordem decrescente, o acúmulo foi maior no tronco + ramos ortotrópicos seguido das folhas, das raízes, dos ramos plagiotrópicos e dos frutos.

2. A taxa total de crescimento absoluto aumentou até o máximo de 1,08 kg mês⁻¹, no 48^o mês, diminuindo a seguir. De modo geral, as taxas observadas para o tronco + ramos ortotrópicos, folhas, raízes e ramos plagiotrópicos foram maiores do 36^o ao 57^o mês.

3. A taxa total de crescimento relativo diminuiu progressivamente com a idade, variando de 0,21 kg kg⁻¹ mês⁻¹, no 3^o mês, a 0,03 kg kg⁻¹ mês⁻¹, no 72^o mês.

4. O cafeeiro Conilon apresentou padrão sigmoidal de crescimento.

CAPÍTULO 2

ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES PELO CAFEEIRO CONILON (*Coffea canephora* PIERRE)

1. INTRODUÇÃO

Embora constituam, aproximadamente, 9% da matéria seca total, os nutrientes minerais são componentes essenciais de moléculas orgânicas, componentes estruturais de membranas, estão envolvidos com ativação enzimática, controle osmótico, transporte de elétrons, sistema tampão do protoplasma, controle da permeabilidade das membranas, além de outros processos. Ao lado de fatores como luz, água e gás carbônico constituem os materiais que a planta utiliza para a produção de *triose fosfato*, primeiro açúcar sintetizado durante a fotossíntese. Este açúcar é utilizado em várias rotas metabólicas na planta, como, por exemplo, na biossíntese de lipídeos, proteínas e carboidratos (BUCHANAN, 2000). Posteriormente, estes compostos são utilizados no processo respiratório, com a formação de *esqueletos carbonados* que, por sua vez, são mobilizados para as regiões de crescimento e desenvolvimento da planta.

A fisiologia da alocação destes *esqueletos carbonados* em árvores foi revisada por ERICSSON et al. (1996). Além da influência de fatores como a

concentração de dióxido de carbono, amônia, ozônio, idade e estágio de desenvolvimento da planta, a produção e utilização de assimilados é também afetada pela disponibilidade de nutrientes, sendo que a constituição genética da planta desempenha papel fundamental no efeito desta interação. Entretanto, este autor salienta que a função exata destes fatores sobre a alocação de carbono é difícil de prever.

O cafeeiro Conilon é uma variedade que apresenta um alto potencial produtivo, particularmente aqueles germoplasmas oriundos de seleções feitas em programas de melhoramento genético. Desta forma, é de se esperar que estes genótipos assim selecionados apresentem alta exigência nutricional e que acumulem quantidades elevadas de nutrientes em seus órgãos.

As plantas possuem características inerentes à espécie que as diferenciam nas quantidades de nutrientes absorvidos e acumulados nos seus diferentes órgãos. De acordo com (LARCHER, 2000), a eficiência de absorção de nutrientes pela raiz e a “preferência” por determinado elemento são características determinadas geneticamente, sendo que as plantas são capazes de absorver estes nutrientes contra um gradiente de concentração e acumulá-los, especialmente, no vacúolo. As células vegetais podem absorver, “preferencialmente”, certos íons que necessitam em maior quantidade, sendo os cátions mais absorvidos em relação aos ânions. Entre os cátions, alguns são mais acumulados e quando necessário, a neutralidade eletrônica pode ser mantida através das trocas iônicas com íons H^+ e HCO_3^- .

Além da espécie e do genótipo, as quantidades de nutrientes acumulados variam com o local e época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta. De acordo com KOZLOWSKI e PALLARDY (1996), a partição destes nutrientes dentro de uma árvore, como o cafeeiro, depende da distribuição de matéria seca e dos teores de nutrientes nos diferentes órgãos e tecidos. Quando ocorre um aumento em tamanho, a proporção de matéria seca de folhas diminui enquanto a proporção de caule e casca aumenta. Conseqüentemente, o conteúdo de minerais nestas partes também deve acompanhar este aumento.

Entretanto, no Kenya, CANNEL e KIMEU (1971) constataram que o acúmulo total de nutrientes na parte vegetativa do cafeeiro arábica foi maior nas folhas, seguidas dos ramos, das raízes e do tronco. Verificaram ainda que

uma planta adulta acumula cerca de 100,0 g N; 6,0 g P; 100,0 g K; 35,0 g Ca e 10,0 g Mg por ano.

No Brasil, todos os trabalhos existentes sobre acumulação de nutrientes pelo cafeeiro foram feitos para *Coffea arabica*. O primeiro foi publicado por DAFERT, em 1893, em que se estudou a distribuição percentual de K, Ca, Mg e P em diversas partes de cafeeiros, com 1, 2, 3, 4, 6, 10 e 40 anos de idade. Outras pesquisas foram divulgadas, posteriormente, mostrando que as quantidades acumuladas de nutrientes pelo cafeeiro aumentam com a idade sendo pequena no início do desenvolvimento da cultura e crescendo significativamente por ocasião da primeira colheita (CATANI et al., 1965).

Posteriormente ao trabalho de DAFERT et al. (1958), CATANI e MORAES (1958) observaram que aos cinco anos de idade a variedade Bourbon Vermelho (*C. arabica*) acumulou nas raízes, tronco, folhas e frutos, 117,5 g de N; 7,16 g de P; 100,65 g de K; 55,07 g de Ca e 14,10 g de Mg. Dessas quantidades totais, os frutos foram responsáveis pela retirada de 33,4 g N; 2,20 g P; 35,28 g K; 3,72 g Ca e 3,32 g Mg. Em termos percentuais, os frutos seriam responsáveis por 28 % de todo N contido na planta; 31 % do P; 35 % do K; 7 % do Ca e 23 % do Mg.

Estudando a variedade Mundo Novo até os dez anos de idade, CATANI et al. (1965) concluíram que as quantidades acumuladas foram 219,3 g N; 15,5 g P; 179,0 g K; 135,5 g Ca; 29,4 g Mg e 23,6 g S. Por outro lado, para a produção de frutos, no ano em que o cafeeiro completou dez anos, exigiu 21,0 g N; 2,1g P; 26,7g K; 2,7g Ca; 1,7g Mg e 1,4g S.

CORREA et al. (1985), trabalhando com variedades mais produtivas de Mundo Novo (IAC 379/19) e Catuaí Vermelho (IAC 81), encontraram quantidades de macronutrientes superiores aquelas constatadas por CATANI e MORAES (1958) e CATANI et al. (1965). Aos 78 meses de idade, a cultivar Mundo Novo acumulou 410,98 g N, 17,78 g P, 276,91 g K, 137,04 g Ca, 62,63 g Mg, 20,34 g S e a Catuaí 399,92 g N, 16,69 g P, 287,61 g K, 169,57 g Ca, 65,31 g Mg, 22,95 g S. A exigência nutricional destas variedades foi crescente a partir dos seis primeiros meses até 78 meses de idade após o plantio (6,5 anos), independentemente da quantidade de fruto produzida.

O trabalho mais recente sobre acumulação de nutrientes pelo cafeeiro é o de CIETTO et al. (1991a), que avaliaram a variedade Catuaí com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e

maturação. Na fase de maturação dos frutos e aos cinco anos de idade esta cultivar acumulou 209,99 g N, 4,11 g P, 187,09 g K, 39,75 g Ca, 21,18 g Mg e 9,80 g S.

Com relação à exportação de nutrientes pela colheita, ARZOLLA et al. (1963), calcularam as quantidades de elementos exportadas em uma saca de café beneficiado (60 kg grãos) em 1.026,0 g N; 60,0 g P; 920,0 g K; 162,0 g Ca; 90,0 g Mg e 72,0 g S. CIETTO et al. (1991) verificaram que a variedade catuaí (*C. arabica*), de cinco anos de idade, exporta em relação ao conteúdo total na planta, 26 % de Ca, 32 % de Mg e 37 % de S. No Kenya, CANNEL e KIMEU (1971) verificaram que em relação aos nutrientes acumulados na planta (dependendo do nutriente), 8-29 % são removidos pela colheita. Assim, calcularam que 1.100 kg de café em coco, retiram aproximadamente 23,0 kg N; 1,7 kg P; 29,0 kg K; 2,7 kg Ca; 2,0 kg Mg e 2,3 kg S.

Para o café Robusta na Indonésia, Roelfsém e Coalaas, citados por WILSON (1985), informam que a exportação de macronutrientes para produção de 1 t de grãos verdes é cerca de: 35 kg de N; 2,62 kg de P; 41,49 kg de K; 2,86 kg de Ca e 2,4 kg de Mg. Forestier, citado pelo mesmo autor, encontrou uma exportação de 30 kg de N; 1,64 kg de P e 30,29 kg de K, para a mesma produção de grãos, sendo que, em outras condições experimentais, RAMIAH (1987) encontrou valores maiores: 44 kg de N, 3,93 kg de P e 47,30 kg de K.

Verifica-se, portanto, que a partição de nutrientes no cafeeiro, varia em função de vários fatores, destacando-se a espécie e a variedade estudada. Levando-se em consideração estes aspectos, objetivou-se caracterizar neste trabalho o acúmulo de macronutrientes pelos diversos órgãos do cafeeiro Conilon (*C. canephora* Pierre).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área experimental e os detalhes sobre a instalação e condução do experimento estão descritos nas páginas 3 a 6.

2.1. Características avaliadas

As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Além da coleta dos frutos nas épocas estabelecidas para as amostragens, foi avaliada a produtividade do café beneficiado em sc/ha. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três plantas, foram determinadas as características relacionadas aos nutrientes.

2.1.1. Nutrientes

As partes recém-coletadas foram lavadas sob fluxo contínuo de água de torneira, enxaguadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, para secagem até peso constante. Folhas secas, murchas ou deterioradas não foram coletadas para análise. Posteriormente, procedeu-se a pesagem da matéria seca e sua moagem em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,85 mm (20 mesh) e

finalmente realizou-se o armazenamento em frasco de vidro para subsequente análise química.

Uma amostra de 0,500 g de matéria seca foi digerida pela mistura nitroperclórica para determinação de P, K, Ca, Mg e S. Na determinação do N total, usaram-se amostras de 0,200 g, que foram submetidas à digestão sulfúrica. A quantificação dos nutrientes foi feita de acordo com os seguintes métodos (MALAVOLTA et al., 1997): fósforo, pelo método colorimétrico do azul de molibdênio; potássio, por fotometria em emissão de chama; cálcio e magnésio, pelo método da espectrofotometria de absorção atômica; e enxofre, pelo método de turbidimetria do sulfato de bário. O nitrogênio foi determinado pelo método semimicro-Kjeldahl. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S foram expressos em dag/kg e o peso da matéria seca em kg.

O cálculo do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feito multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, dividindo-se o valor obtido por 100, conforme equação descrita abaixo. O conteúdo total na planta foi obtido somando-se os conteúdos de cada órgão. A taxa de acúmulo mensal foi obtida pela subtração do conteúdo estimado para o nutriente, em um determinado mês, pelo conteúdo estimado no mês anterior.

$$C = MS \times T / 100$$

em que

C = conteúdo do macronutriente (g);

MS = peso da matéria seca (g); e

T = teor do nutriente (dag/kg).

2.1.2. Produtividade

A determinação da produtividade foi feita com os frutos colhidos no estádio “cereja” (fisiologicamente maduros), que, a seguir, foram secados e beneficiados. Os valores obtidos de café beneficiado foram expressos em sc/ha.

2.2. Análise estatística

As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (EUCLIDES, 2004). Na análise de regressão foram ajustados os modelos sigmoidais disponíveis no software CurveExpert. A seleção do melhor modelo foi feita com base na análise gráfica dos resíduos e na análise do coeficiente de correlação entre valores observados e estimados da variável dependente, conforme DRAPER e SMITH (1988). Na análise de regressão, a variável independente foi sempre considerada a idade da planta, expressa em meses após o transplante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Nitrogênio

O conteúdo total de N no cafeeiro Conilon aumentou com a idade até alcançar 249,38 g/planta, aos 72 meses após o transplântio, o que equivale a uma imobilização de 554,12 kg ha⁻¹ de N (Figura 1). Esta quantidade de N acumulada em todos os órgãos do Conilon é superior àquelas encontradas para as variedades Bourbon Vermelho e Mundo Novo (*C. arabica*), utilizadas por CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965) e CANNEL e KIMEU (1971), e um pouco inferior àquela encontrada por CORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC 379-19) e Catuaí Vermelho (IAC 81). Entretanto, deve-se ressaltar que, excetuando-se o trabalho de CIETTO et al. (1991a), todos estes autores fizeram os seus estudos sobre acumulação de nutrientes utilizando análise descritiva dos dados e não análise de regressão. Mesmo assim, destaca-se a grande quantidade imobilizada de N por hectare.

Aos 72 meses de idade, o macronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon foi o N (Figura 2), com percentual de 38 % do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados.

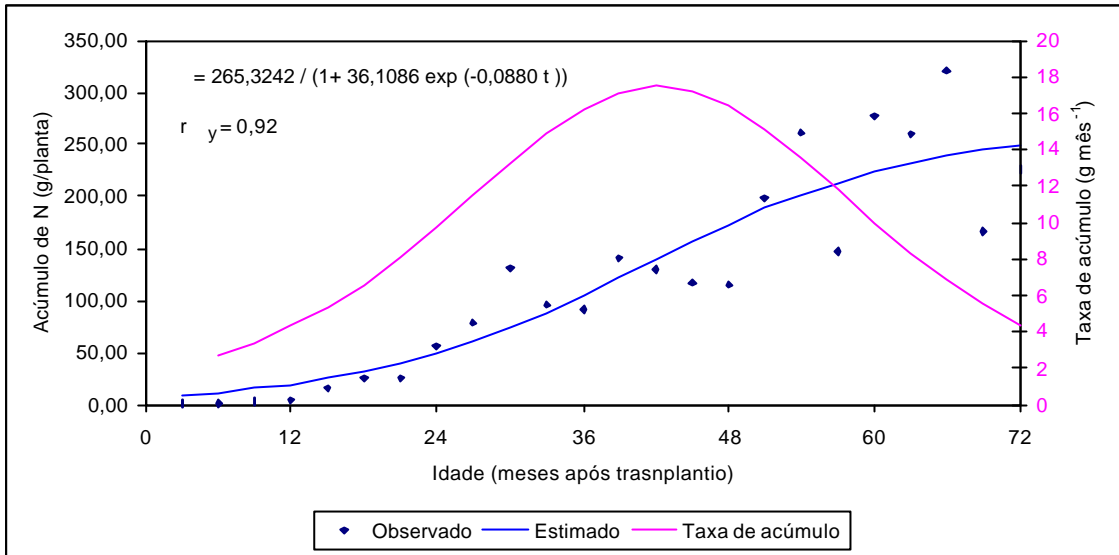


Figura 1 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de N pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

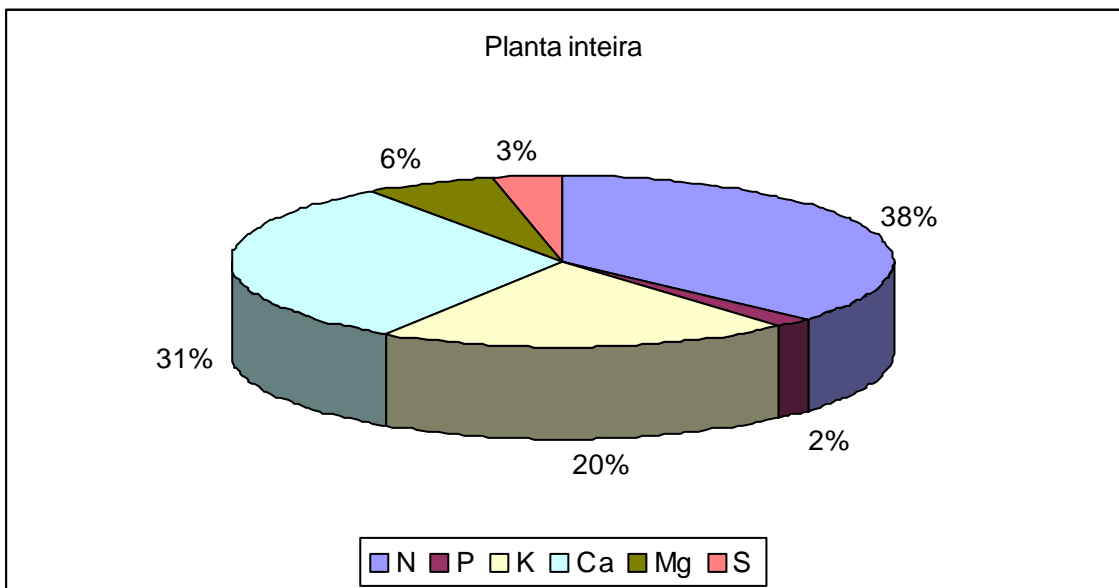


Figura 2 – Partição de macronutrientes no cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), aos 72 meses de idade.

Este resultado mostra a alta exigência desta variedade em relação a este nutriente, o que já havia sido confirmado em ensaios de campo realizados por BRAGANÇA et al. (1995a), em que se observou aumento de 410% na produtividade do Conilon com o fornecimento deste macronutriente.

O papel do N como um dos constituintes de aminoácidos é bem conhecido, ocorrendo em outros compostos, como purinas e alcalóides, enzimas, vitaminas, hormônios, ácidos nucléicos e nucleotídeos. O desenvolvimento da área foliar e a fotossíntese dependem do seu suprimento. Sua deficiência é acompanhada por uma deficiência na síntese de clorofila, resultando em clorose das folhas mais velhas (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996), o que reflete na produtividade.

MARCHNER (1995) cita que, dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão, o teor de N exigido para um crescimento ótimo varia entre 2 e 5 dag/kg em relação ao peso da matéria seca da planta. Considerando-se estes dados, e que o Conilon apresentou, aos 72 meses de idade, uma matéria seca total de 15,94 kg/planta, o acúmulo total de N encontrado está próximo da faixa ótima considerada por este autor, que varia entre 318,80 g/planta a 797,00 g/planta de N.

Do total de N acumulado na planta, observou-se que 70,66 g foram alocados nas folhas, 60,47 g no tronco + ramos ortotrópicos, 49,56 g nas raízes, 43,20 g nos frutos e 25,49 g nos ramos plagiotrópicos (Figura 3). Em ordem decrescente, o acúmulo foi maior nas folhas (29 %), seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (24 %), das raízes (20 %), dos frutos (17 %) e dos ramos plagiotrópicos (10 %).

Portanto, nas folhas do cafeeiro Conilon concentram-se a maior fração do total de N que se acumulou na matéria seca acima do solo. De acordo com KOZLOWSKI e PALLARDY (1996), nas folhas encontram-se a maioria das células vivas de uma árvore, que tendem a acumular maiores quantidades de nutrientes, em função do processo de fotossíntese.

Comparando-se os resultados do acúmulo de N nos diversos órgãos do Conilon com aqueles obtidos para *C. arabica* por CANNEL e KIMEU (1971), no Kenya, verifica-se que este autor constatou uma alocação de 55 % de N-orgânico para as folhas. No Brasil, CORREA et al. (1985), trabalhando com Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí Vermelho (IAC81), verificaram que ambas

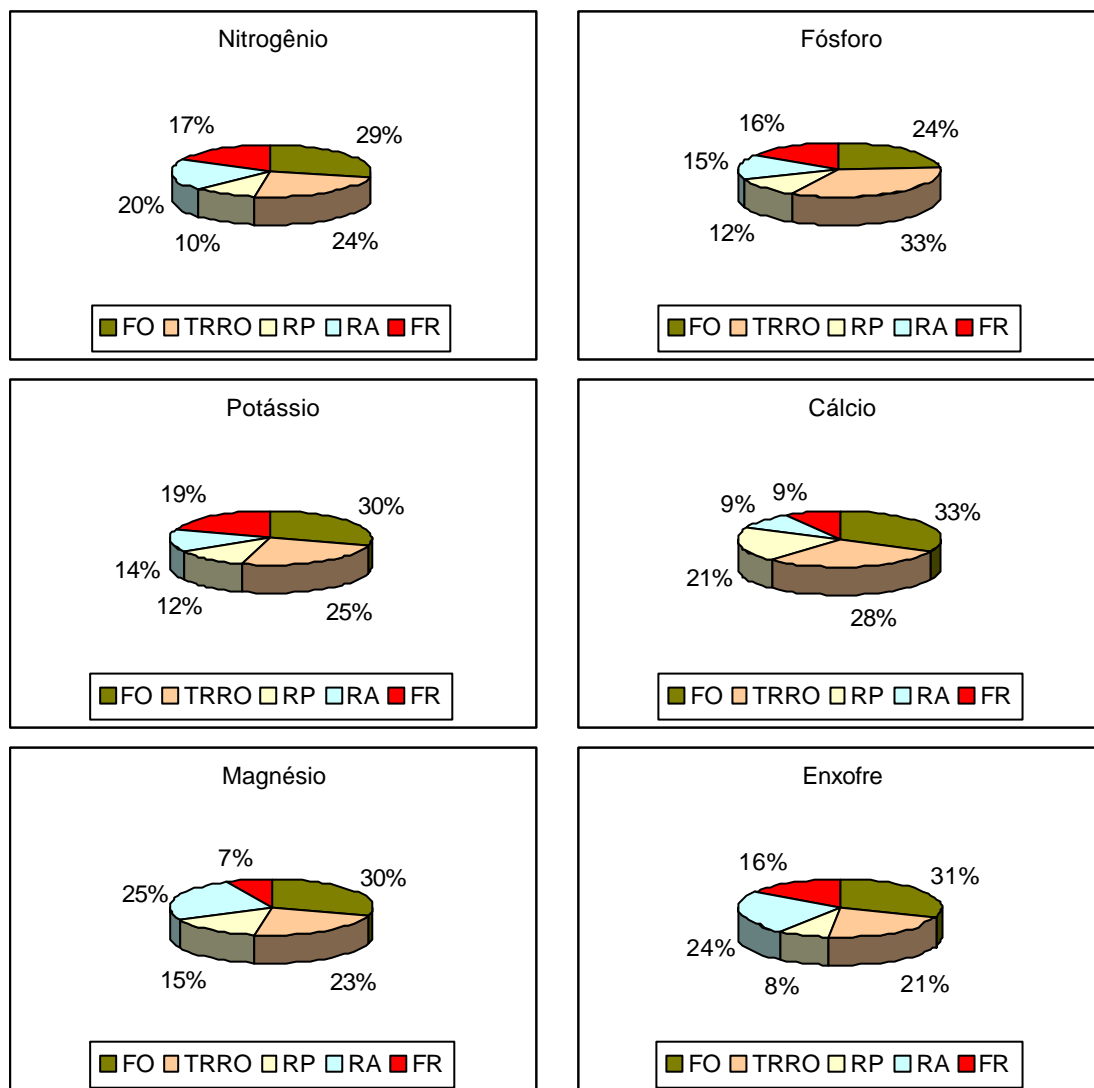


Figura 3 – Partição de macronutrientes entre folhas (FO), ramos ortótopicos (RO), ramos plagiotrópicos (RP), raízes (RA) e frutos (FR) do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), aos 72 meses de idade.

variedades também apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, a maior proporção do N acumulado na planta foi alocada para as folhas. Por outro lado, CATANI e MORAES (1958) e CATANI et al. (1965), trabalhando com as variedades Bourbon Vermelho e Mundo Novo (*C. arabica*), constataram que o tronco e os ramos mostraram os maiores conteúdos de N.

Como o conteúdo de nutrientes em uma planta lenhosa depende da alocação de matéria seca e do teor de nutrientes nos diferentes órgãos e tecidos (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996), quando ocorre aumento em tamanho, a proporção de matéria seca de folhas diminui enquanto a de caule e casca aumenta. Entretanto, mesmo apresentando 17 % da matéria seca total,

as folhas do Conilon apresentaram o maior conteúdo de N. Resultados semelhantes foram encontrados por CANNEL e KIMEU (1971), no Kenya. Estes autores verificaram que folhas de *C. arabica* acumularam 55% do N e 31 % da matéria seca total da planta.

As diferenças encontradas entre os trabalhos citados e os resultados obtidos para o Conilon, provavelmente, estão relacionadas às diferentes razões caule/folha/raiz dos germoplasmas trabalhados. O Conilon, por ser planta multicaule, apresenta alta razão caule/folha na maturidade, o que faz da poda uma prática de manejo indispensável para a renovação de ramos e, conseqüentemente, folhas.

CIETTO et al. (1991a), trabalhando com a cultivar Catuaí, de cinco anos de idade, nas fases de maturação (junho), repouso (julho) e granação (janeiro), observaram que na maturação houve maior alocação de N para os frutos (45,19 %) seguidos das folhas (33,73 %), dos ramos (14,24 %) e do caule (6,83 %). Por outro lado, no período de repouso, os ramos é que apresentaram a maior quantidade do N (33,54 %) seguidos das folhas (33,71 %) e do caule (19,66 %). Na fase de granação, as folhas apresentaram a maior quantidade de N (39,67 %) seguidas dos frutos (26,66 %), dos ramos (21,14 %) e do caule (12,52 %). Este resultado mostra que além do genótipo, local, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta, as quantidades de nutrientes acumulados variam com a época do ano.

Com relação à taxa de acúmulo de N pelo cafeeiro Conilon, observou-se que a mesma aumentou até atingir 17,48 g mês⁻¹, no 42º mês, diminuindo a seguir (Figura 1).

3.2. Cálcio

O Ca foi o segundo nutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 31 % do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados (Figura 2).

O conteúdo total de Ca aumentou até alcançar 214,10 g/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 475,73 kg ha⁻¹ de Ca (Figura 4). Esta quantidade de Ca acumulada em todos

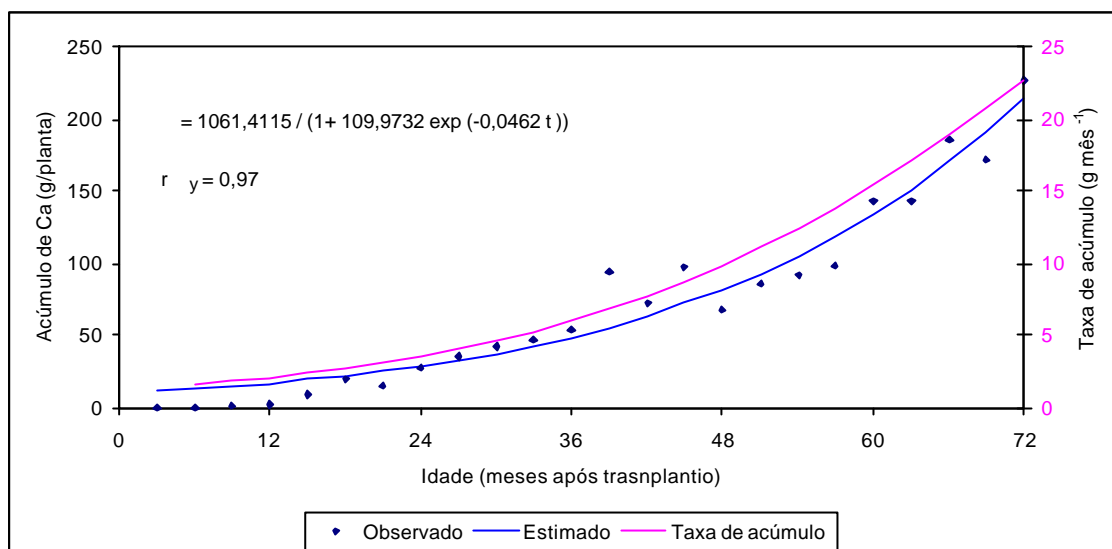


Figura 4 – Acúmulo e taxa de acúmulo de Ca pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

os órgãos do Conilon é maior que aquelas encontradas para as variedades Bourbon Vermelho e Mundo Novo (*C. arabica*), por CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965), CANNEL e KIMEU (1971) e OORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí Vermelho (IAC 81). Nota-se que em todos estes trabalhos, o Ca foi sempre o terceiro macronutriente mais acumulado. O fato de o Conilon ter apresentado maior conteúdo de Ca em relação ao K, indica, possivelmente, maior exigência em relação ao primeiro nutriente ou ainda pode estar relacionado à época em que os frutos foram colhidos.

De acordo com MARCHNER (1995), o teor de Ca para ótimo crescimento das plantas em geral varia entre 0,1 a 5,0 dag/kg de matéria seca, dependendo das condições de crescimento, da espécie e dos órgãos da planta. Comparando-se estes dados com os resultados apresentados pelo Conilon verificou-se que o teor de Ca em relação à matéria seca acumulada aos 72 meses de idade foi de 1,35 dag/kg estando, portanto, dentro da faixa ótima considerada por este autor.

Uma das principais funções do Ca é a de servir de intermediário secundário nas respostas das plantas a vários tipos de estímulos externos como luz, temperatura, hormônios, sais minerais e estímulos mecânicos. Ele é essencial para a estabilidade da parede celular e do controle da

permeabilidade da membrana plasmática, sendo por isto, importante fator de redução ou retardamento da senescência. Na deficiência ou na impossibilidade de re-translocação do Ca para determinado local da planta ocorre desestabilização das membranas celulares e perda da compartimentalização, o que leva à senescência. Também está envolvido na divisão celular, modulação de certas enzimas e no sistema de osmorregulação da célula, por meio do balanço de ânions orgânicos e inorgânicos no vacúolo. Sintomas de deficiência de Ca incluem clorose e necrose das folhas mais novas, assim como diminuição do crescimento radicular. Na ausência de Ca a extensão das raízes é paralisada dentro de poucas horas (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002). Em café, sua deficiência causa sensível diminuição na atividade da redutase do nitrato (CAVALLINI e CARVAJAL, 1978).

Do total de Ca acumulado entre os órgãos da planta (Figura 3), verificou-se que 70,45 g foram alocados para as folhas, 61,61 g para o tronco + ramos ortotrópicos, 43,97 g para os ramos plagiotrópicos, 19,71 g para as raízes e 18,96 g para os frutos. Em ordem decrescente, a maior alocação foi para as folhas (33 %) vindo a seguir o tronco + ramos ortotrópicos (28 %), ramos plagiotrópicos (21 %), raízes (9 %) e frutos (9 %).

De forma semelhante ao verificado para o Conilon, CATANI e MORAES (1958) também constataram para a variedade Bourbon Vermelho, de cinco anos de idade, maior alocação de Ca para as folhas (35,70 %), seguidas dos ramos (28,94 %), do tronco (19,83 %), das raízes (8,77 %) e dos frutos (7,18 %).

Trabalhando com a variedade Mundo Novo, até os dez anos de idade, CATANI et al. (1965) observaram maior partição de Ca para as folhas (42,19 %), seguidas do tronco (28,25 %), dos ramos (27,60 %) e dos frutos (1,95 %).

CORREA et al. (1985) verificaram que para a variedade Mundo Novo (IAC-379/19), aos 78 meses de idade, a maior partição de Ca foi para as folhas (47,88 %) seguidas dos ramos (25,49 %), do caule (13,64 %), da raiz (6,88 %) e dos frutos (6,13 %), e para a variedade Catuaí (IAC 81), a maior partição também foi para as folhas (45,62 %), vindo a seguir os ramos (22,10 %), o caule (14,06 %), a raiz (12,75 %) e os frutos (2,28 %).

CIETTO et al. (1991b), trabalhando com a cultivar Catuaí, de cinco anos de idade, nas fases fenológicas de maturação (junho), repouso (julho) e granação (janeiro), observaram que na maturação houve maior partição de Ca para as folhas (39,19 %), vindo a seguir os frutos (25,96 %), os ramos (20,70 %) e o caule (12,43 %). No período de repouso, após a colheita, os ramos é que apresentaram a maior quantidade de Ca (49,74 %) seguidos das folhas (24,79 %) e do caule (25,52 %). Na fase de granação, os ramos (34,16 %) e as folhas (33,84%) apresentaram a maior partição de Ca vindo a seguir o caule (23,52 %) e os frutos (8,56 %).

À semelhança do que foi observado para o cafeeiro Conilon, todos estes autores constataram que o Ca acumulou-se em maior proporção nas folhas do cafeeiro e em menor quantidade nos frutos, confirmando a característica de baixa mobilidade deste nutriente. De acordo com (EPSTEIN, 1975), devido a esta baixa mobilidade no floema, os frutos tipicamente contêm muito pouco Ca. Adquirido inicialmente pelas raízes, a maior parte do Ca é transportada no xilema, embora parte possa fazê-lo pelo floema. Depois de localizado nas folhas, o Ca torna-se imóvel e somente pode ser redistribuído em condições especiais.

De acordo com MALAVOLTA (1986), as quantidades de Ca nas raízes, caules e ramos do cafeeiro são da mesma ordem de grandeza que as de K. Nas folhas é aproximadamente a metade, enquanto nos frutos a quantidade de Ca é aproximadamente $\frac{1}{4}$ em relação ao K.

A taxa de acúmulo de Ca pelo Conilon aumentou progressivamente até os 72 meses de idade, alcançando valor máximo de $22,70 \text{ g mês}^{-1}$ (Figura 4).

3.3. Potássio

Após o N e o Ca, o K foi o terceiro nutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon (Figura 2), com percentual de 20 % do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta. O conteúdo total aumentou até alcançar valor máximo de $137,16 \text{ g/planta}$, aos 72 meses após o transplântio, com imobilização de $304,77 \text{ kg ha}^{-1}$ de K (Figura 5).

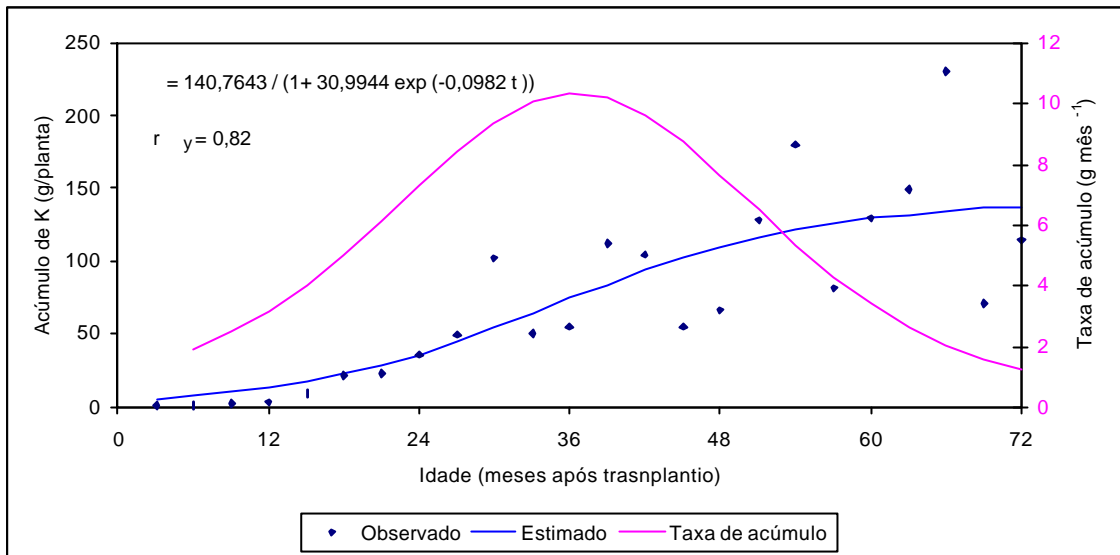


Figura 5 – Acúmulo e taxa de acúmulo de K pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

Este resultado também reflete a alta exigência do cafeeiro em relação a este nutriente, sendo particularmente intensa quando a planta atinge a maturidade, em virtude das quantidades adicionais existentes nos frutos. Além do seu importante papel na síntese de proteína e regulação do potencial osmótico das células, o K é também ativador de várias enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2002). O seu conhecido papel na formação de amido, através da ativação da sintase do amido, é fundamental para a produção do cafeeiro.

De acordo com RENA e CARVALHO (2003), durante a formação dos frutos, há um decréscimo no teor de amido dos ramos e das folhas, sendo tanto mais intenso quanto maior a produção, podendo esgotar-se totalmente muito antes do amadurecimento dos frutos. Esta correlação entre o teor de amido e produção mostra a importância do K na fisiologia do cafeeiro. Um dos efeitos metabólicos de sua deficiência é a acumulação nos tecidos de carboidratos solúveis e de açúcares redutores (CARVAJAL, 1984).

Considerando as espécies de modo geral, o K, ao lado do N, é o nutriente mineral requerido em maiores quantidades, sendo que o teor exigido para o crescimento ótimo das plantas, em geral, é de 2 a 5 dag/kg em relação ao peso da matéria seca da planta (MARCHNER, 1995). Considerando estes

dados e que a quantidade de matéria seca acumulada pelo Conilon, aos 72 meses de idade, foi de 15,94 kg/planta, o acúmulo total de K encontrado está fora da faixa ótima considerada por este autor, que varia de 318,80 a 797,0 g/planta. Entretanto, quando se comparam os resultados encontrados para o Conilon com aqueles já constatados para o gênero *Coffea*, verifica-se que os resultados são próximos.

A quantidade de K acumulada pelo cafeeiro Conilon é maior do que aquelas encontradas para *C. arabica* por CATANI e MORAES (1958) e CANNEL e KIMEU (1971) e menor do que aquelas observadas por CATANI et al. (1965), CIETTO et al. (1991a) e CORREA et al. (1985) para as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí (IAC 81).

Do total de K acumulado na planta, verificou-se que 40,53 g foram alocados para as folhas, 34,72 g para o tronco + ramos ortotrópicos, 26,62 g para os frutos, 18,91 g para as raízes e 16,38 g para os ramos plagiotrópicos. Observou-se que a maior partição de K (Figura 3) foi para as folhas (30 %), seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (25 %), dos frutos (19 %), das raízes (14 %) e dos ramos plagiotrópicos (12 %).

CATANI e MORAES (1958) constataram para a variedade Bourbon Vermelho, de cinco anos de idade, maior partição de K para os frutos (35,04 %), seguidos das folhas (22,38 %), dos ramos (20,44 %), do tronco (14,00 %) e das raízes (8,13 %).

Trabalhando com a variedade Mundo Novo, até os dez anos de idade, CATANI et al. (1965) observaram maior partição de K para as folhas (48,79%), seguidas dos ramos (22,31 %), do tronco (15,97 %) e dos frutos (12,92 %).

CORREA et al. (1985), trabalhando com a variedade Mundo Novo (IAC-379/19), verificaram que a maior partição de K foi para os frutos (37,46 %), seguidos das folhas (36,04 %), dos ramos (15,35 %), do caule (7,50 %) e das raízes (3,64 %). Para a variedade Catuaí Vermelho, a ordem de partição foi: frutos (38,92 %), folhas (30,72 %), ramos (15,60 %), raízes (9,14 %) e caule (5,62 %).

CIETTO et al. (1991a), trabalhando com a cultivar Catuaí, de cinco anos de idade, nas fases fenológicas da maturação (junho), repouso (julho) e granação (janeiro), observaram que na maturação houve maior alocação de K para os frutos (61,82 %) seguidos das folhas (19,72 %), dos ramos (12,23 %) e

do caule (6,23 %). Por outro lado, no período de repouso, os ramos é que apresentaram a maior quantidade do K (52,75 %) seguido das folhas (30,97 %) e caule (16,29 %). Na fase de granação os frutos apresentaram a maior partição de K (37,23 %) seguidos das folhas (32,39 %), dos ramos (22,35 %) e de caule (8,04 %).

Entretanto, analisando os trabalhos citados observa-se que, de modo geral, as folhas e os frutos são os órgãos que mais acumulam K, principalmente em anos de alta produção. Como os frutos do Conilon não estavam no ponto de maturação fisiológica, nos pontos amostrais estudados na regressão, é de se esperar que os mesmos apresentem maior conteúdo de deste macronutriente, neste estágio fenológico.

Com relação à taxa de acúmulo de K pelo Conilon, observou-se que a mesma aumentou até alcançar $10,35 \text{ g mês}^{-1}$, no 36º mês, diminuindo a seguir (Figura 5).

3.4. Magnésio

O Mg foi o quarto nutriente mais acumulado pelo Conilon, com percentual de 6% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta (Figura 2). Verificou-se que o conteúdo total aumentou até alcançar $42,37 \text{ g/planta}$, aos 72 meses de idade após o transplântio, o que equivale a uma imobilização de $94,15 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg (Figura 6).

Esta quantidade de Mg acumulada pelo Conilon é superior àquela encontrada por CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965), CANNEL e KIMEU (1971) e CIETTO et al. (1991b) e menor do que aquelas observadas por CORREA et al. (1985), trabalhando com *C. arabica*. Destaca-se que a quantidade de Mg encontrada para as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí (IAC 81) foi aproximadamente 1,54 vez maior de que as constatadas para o Conilon.

De acordo com MARCHNER (1995), o teor de Mg para um ótimo crescimento das plantas, em geral, varia entre 0,15 a $0,35 \text{ dag/kg}$ de matéria seca, dependendo das condições de crescimento, espécie e órgãos da planta. Comparando estes dados com os resultados encontrados para o Conilon,

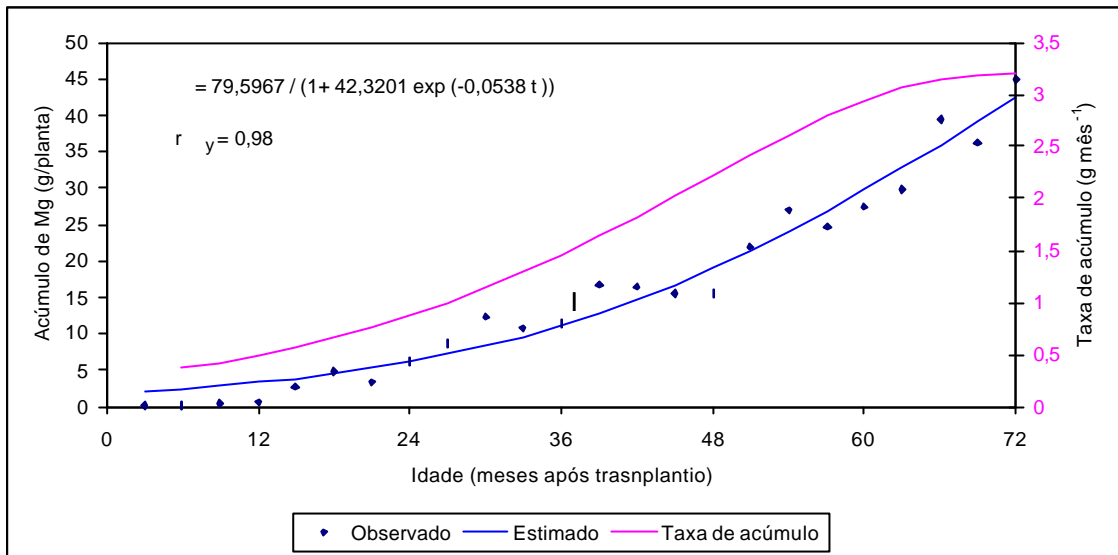


Figura 6 – Acúmulo e taxa de acúmulo de Mg pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

verificou-se que o teor de Mg em relação ao peso da matéria seca acumulada, aos 72 meses de idade, foi de 0,26 dag/kg estando, portanto, dentro da faixa ótima considerada por este autor. CATANI e MORAES (1958), CATANI et al. (1965), CANNEL e KIMEU (1971), CORREA et al. (1985) e CIETTO et al. (1991b) encontraram, em média, 0,23 dag/kg, 0,16 dag/kg, 0,41 dag/kg e 0,17 dag/kg de Mg, em relação ao peso da matéria seca apresentada pelas variedades estudadas, respectivamente.

O teor de 0,26 dag/kg de Mg em relação ao peso da matéria seca do Conilon esteve associado a uma produtividade de 200 sacas ha⁻¹. Por ocupar o centro do núcleo tetrapirrólico da molécula de clorofila, este nutriente exerce papel fundamental na fotossíntese e produção de fotoassimilados necessários à manutenção de altos índices de colheita. Sob deficiência de Mg a biossíntese de clorofila e as folhas ficam aclorofiladas e incapazes de realizar fotossíntese. O Mg é, ainda, extremamente importante, neste processo, por ser modulador da atividade da enzima carboxilase da ribulose-1,5 bifosfato (RUBISCO), que catalisa a reação de fixação de C e estabelecimento do balanço dos prótons nos tilacóides. Destaca-se, ainda, a sua função como ativador metálico de várias enzimas na síntese de proteínas e na estabilização estrutural de membranas e de ácidos nucleicos (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

Com relação à partição de Mg entre os diversos órgãos do Conilon, verificou-se que, na planta, 12,58 g foram para as folhas, 10,72 g para as raízes, 9,65 g para o tronco + ramos ortotrópicos, 6,37 g para os ramos plagiotrópicos e 3,05 g para os frutos. Em ordem decrescente, a maior partição (Figura 3) foi para as folhas (30 %), seguidas das raízes (25 %), do tronco + ramos ortotrópicos (23 %), dos ramos plagiotrópicos (15 %) e dos frutos (7 %). Por ser um elemento móvel no floema, sua redistribuição entre os diversos órgãos da planta é alta. Neste caso, as folhas mais velhas, consideradas como fonte de fotoassimilados, são as primeiras a apresentar sintomas visuais de deficiência.

CATANI e MORAES (1958) constataram para a variedade Bourbon Vermelho, de cinco anos de idade, maior partição de Mg para das folhas (30,12 %), seguidas dos frutos (23,60 %), do tronco (17,34 %), dos ramos (16,87 %) e das raízes (12,06 %).

Trabalhando com a variedade Mundo Novo, até os dez anos de idade, CATANI et al. (1965) observaram maior partição de Mg para as folhas (57,23 %), seguidas do tronco (21,86 %), dos ramos (15,43 %) e dos frutos (5,47 %).

CORREA et al. (1985) verificaram que para a variedade Mundo Novo (IAC 379/19), aos 78 meses de idade, a maior partição de Mg foi para folhas (48,41 %) seguidas dos ramos (20,06 %), dos frutos (13,76 %), do caule (9,84 %) e das raízes (7,92 %) e para a variedade Catuaí Vermelho (IAC-81), a maior partição foi para as folhas (42,42 %) seguidas das raízes (21,04 %), dos ramos (14,94 %), dos frutos (13,42 %) e do caule (7,99 %).

CIETTO et al. (1991b), trabalhando com a cultivar Catuaí de cinco anos de idade, nas fases fenológicas da maturação (junho), repouso (julho) e granação (janeiro), observaram que na maturação houve maior partição de Mg para as folhas (48,06 %) seguidas dos frutos (31,68 %), dos ramos (14,21 %) e do caule (6,09 %). Por outro lado, no período de repouso, na ausência de frutos, os ramos é que apresentaram a maior quantidade de Mg (54,75 %), seguidos das folhas (28,62 %) e do caule (16,63 %). Na fase de granação as folhas voltaram a apresentar a maior partição de Mg (41,41 %) seguidas dos frutos (25,37 %), dos ramos (21,58 %) e do caule (11,69 %).

Observa-se nos trabalhos citados que, de modo geral, as folhas são os órgãos que mais acumulam Mg embora haja certa variação. Dependendo da fase de maturação em que os frutos são colhidos, estes também apresentam um conteúdo razoável deste nutriente, principalmente, devido à alta mobilidade que o mesmo apresenta nos vasos condutores de seiva.

A taxa de acúmulo de Mg, considerando-se toda a planta, foi crescente até os 72 meses de idade alcançando valor máximo de 3,21 g mês⁻¹ (Figura 6).

3.5. Enxofre

O S foi o quinto nutriente mais acumulado pelo Conilon com percentual de 3% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta (Figura 2). O seu conteúdo aumentou até alcançar 23,64 g/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, correspondendo a uma imobilização de 52,53 kg ha⁻¹ de S (Figura 7).

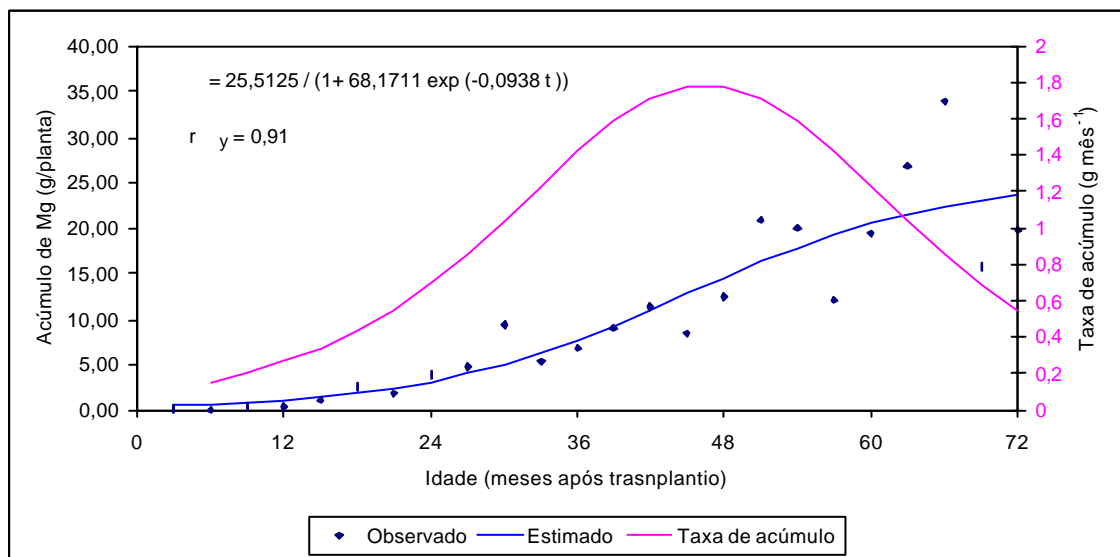


Figura 7 – Acúmulo e taxa de acúmulo de S pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

Trabalhando com *C. arabica*, CATANI et al. (1965) e CORREA et al. (1985) encontraram 23,60 g/planta e 22,95 g/planta de S, respectivamente. Entretanto, CIETTO et al. (1991b) observaram que este acúmulo variou entre

9,80 g/planta, na fase de maturação dos frutos (junho) e 16,91 g/planta na fase de repouso (julho).

O conteúdo S apresentado pelo Conilon correspondeu ao teor de 0,15 dag/kg de matéria seca, aos 72 meses de idade, estando na faixa considerada ótima por MARCHNER (1995), que é de 0,1 a 0,5 dag/kg. Este teor, nos trabalhos de CATANI et al. (1965), CORREA et al. (1985) e CIETTO et al. (1991b) foi de 0,1 dag/kg, aproximadamente.

Uma das principais funções do S nas plantas é a de ser constituinte dos aminoácidos cisteína e metionina, essenciais para a biossíntese de proteínas e para a atividade de certas enzimas. Além disto, este macronutriente é componente de inúmeras coenzimas e grupos prostéticos, como tiamina pirofosfato (TPP), ácido lipóico e coenzima A, que são essenciais para o funcionamento do sistema multienzimático, que controla a descarboxilação do piruvato necessário para iniciar o funcionamento do ciclo de Krebs. Por formar pontes dissulfídricas pela união oxidativa de dois grupos SH de aminoácidos contendo -S adjacentes, o S é importante para o estabelecimento da estrutura terciária das proteínas. É constituinte da ferredoxina, sulfolipídios e esfingolipídios, moléculas envolvidas em inúmeros processos em que há transferência de elétrons, manutenção e estrutura das membranas celulares (MARCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002). Em café, o S desempenha funções fisiológicas muito importantes, sendo que sua deficiência conduz ao acúmulo de NO_3^- (CAVALLINI e CARVAJAL, 1978).

Do total de S acumulado na planta, observou-se que 7,23 g foram alocados nas folhas, 5,75 g nas raízes, 4,96 g no tronco + ramos ortotrópicos, 3,79 g nos frutos e 1,91 g nos ramos plagiotrópicos, o que corresponde a um acúmulo de 31 % nas folhas, 24 % nas raízes, 21 % no tronco + ramos ortotrópicos, 16% nos frutos e 8 % nos ramos plagiotrópicos (Figura 3).

Para a variedade Mundo Novo, de dez anos de idade, CATANI et al. (1965) observaram partição de 54,40 % do S nas folhas, 22,40 % nos ramos, 17,60 % no tronco e 5,60 % nos frutos.

CORREA et al. (1985) verificaram que, para a mesma variedade, aos 78 meses de idade, a maior partição de S foi para as folhas (36,18 %), seguidas dos frutos (23,75 %), dos ramos (19,76 %), das raízes (13,91 %) e do caule (6,39 %) e, para a variedade Catuaí, a maior partição foi para as folhas

(37,30 %) seguidas dos frutos (23,62 %), das raízes (18,52 %), dos ramos (15,90 %) e do caule (4,66%).

CIETTO et al. (1991b), trabalhando com plantas do cultivar Catuaí, de cinco anos de idade, observaram que na maturação (junho) houve maior partição de S para os frutos (37,45 %) seguidos das folhas (30,92 %), dos ramos (21,73 %) e do caule (10,00 %). Por outro lado, no período de repouso (julho), na ausência de frutos, os ramos apresentaram maior partição de S (53,58 %), seguidos do caule (27,14 %) e das folhas (19,34 %). Na fase de granação (janeiro), os ramos também apresentaram a maior partição de S (32,48 %), seguidos das folhas (29,24 %) e do caule (15,43 %).

A taxa de acúmulo de S, considerando-se toda a planta, aumentou até alcançar $1,78 \text{ g mês}^{-1}$, no 45^o e 48^o mês, diminuindo a seguir (Figura 7).

3.6. Fósforo

Aos 72 meses de idade, o P foi o macronutriente menos acumulado pelo cafeeiro Conilon (Figura 2), com percentual de 2% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta. Entretanto, o conteúdo total aumentou progressivamente até alcançar um máximo de $14,17 \text{ g/planta de P}$, aos 72 meses de idade, imobilizando $31,48 \text{ kg P ha}^{-1}$ (Figura 8). Esta quantidade acumulada de P pelo cafeeiro Conilon é maior que aquela encontrada por CATANI e MORAES (1958), CANNEL e KIMEU (1971) e CIETTO et al. (1991a) e, menor do que aquelas apresentadas por CATANI et al. (1965) e CORREA et al. (1985), para a espécie *C. arabica*.

Embora exigido em menor quantidade, o P é fundamental como componente de moléculas essenciais, como os ácidos nucléicos, fosfolipídeos, coenzimas e outros compostos fosforilados. Desempenha importante papel nos processos de transferência de energia nas células, sendo constituinte molecular da adenosina trifosfato (ATP), além de ativar ou inibir várias reações bioquímicas, como a biossíntese de amido e fosforilação de proteínas (TAIZ e ZEIGER, 2002).

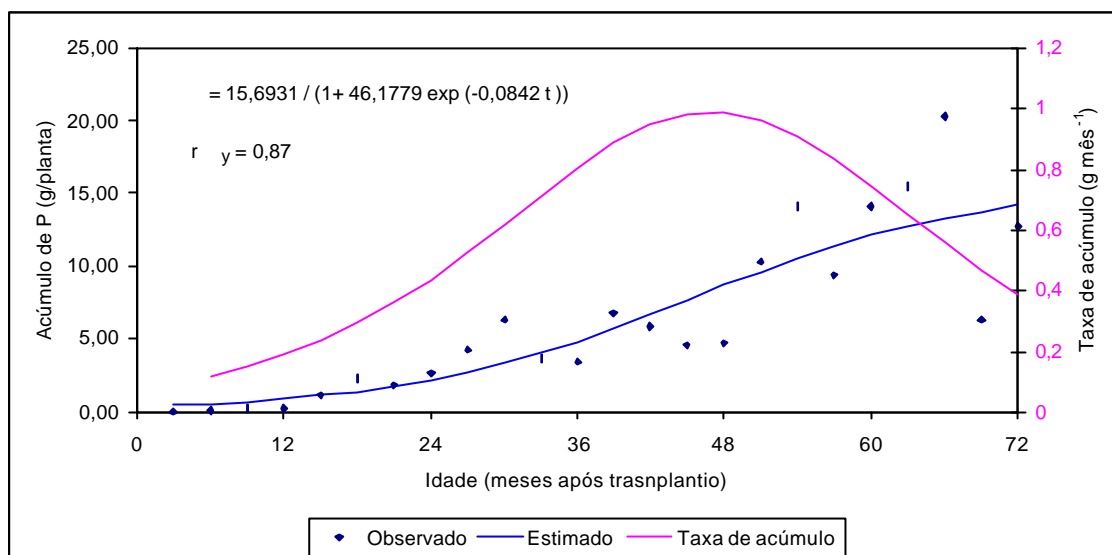


Figura 8 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de P pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

Desta forma, sob deficiência de P, o crescimento, o desenvolvimento e a produção do cafeeiro são comprometidos. De fato, este aspecto foi constatado em condições de campo por BRAGANÇA et al. (1995a), em que o fornecimento deste nutriente, no plantio, e na fase de formação do cafeeiro Conilon, proporcionou acréscimo de 376% na produtividade em relação ao tratamento sem P.

De acordo com MARSCHNER (1995), o teor de P para o crescimento ótimo das espécies, em geral, é de 0,3 a 0,5 dag/kg em relação ao peso da matéria seca da planta. Considerando-se estes dados e o fato de o Conilon ter apresentado matéria seca de 15,94 kg/planta, aos 72 meses de idade, o acúmulo total de P encontrado está fora da faixa ótima considerada por este autor, que varia entre 47,82 g/planta a 79,70 g/planta. Entretanto, deve-se considerar que o cafeeiro é pouco exigente em P.

Do total de 14,17 g de P acumulado pela planta, verificou-se que 4,81 g foram alocados no tronco + ramos ortotrópicos, 3,37 g nas folhas, 2,20 g nos frutos, 2,14 g nas raízes e 1,65 g nos frutos, o que corresponde ao acúmulo de 33 % no tronco + ramos ortotrópicos, 24 % nas folhas, 16 % nos frutos, 15 % nas raízes e 12% nos ramos plagiotrópicos (Figura 3).

Resultados semelhantes foram encontrados por MENARD e MALAVOLTA (1957), ao constatar que a absorção e distribuição do P radioativo no cafeeiro foram particularmente altas em raízes secundárias e nas partes velhas do caule. Folhas novas acumularam mais do que as velhas e os vasos e pecíolos se apresentaram mais ricos, em ^{32}P , que as regiões internervais.

Por outro lado, CATANI e MORAES (1958), trabalhando com a variedade Bourbon Vermelho, verificaram maior alocação de P para os frutos (30,66 %) seguidos das folhas (23,78 %), dos ramos (19,59 %), do tronco (14,48 %) e das raízes (11,49 %). CATANI et al. (1965) encontraram, para a variedade Mundo Novo, maior partição para as folhas (47,16 %), seguidas dos ramos (29,54 %), dos frutos (11,93 %) e do tronco (11,36 %).

CORREA et al. (1985), também estudando esta última variedade, constataram maior partição de P para as folhas (33,24 %), seguidas dos frutos (27,13 %), dos ramos (17,82 %), do caule (12,52 %) e da raiz (9,28 %). De forma semelhante, CANNEL e KIMEU (1971), no Kenya, verificaram que as folhas acumularam 45 % do total do P absorvido pelo cafeeiro.

CIETTO et al. (1991a), trabalhando com a cultivar Catuaí de cinco anos de idade, nas fases fenológicas da maturação (junho), repouso (julho) e granação (janeiro), observaram que a partição de P varia em função da época do ano. Na fase de maturação, houve maior partição de P para os frutos (54,99 %) seguidos das folhas (31,87 %), dos ramos (7,78 %) e do caule (5,60 %). Por outro lado, no período de repouso, os ramos é que apresentaram o maior conteúdo de P (55,75 %) seguidos das folhas (23,85 %) e do caule (20,69 %). Na fase de granação, as folhas apresentaram maior partição de P (34,27 %) seguidas dos frutos (33,14 %), dos ramos (17,07 %) e do caule (15,65 %).

A taxa total de acúmulo de P, observada para o cafeeiro Conilon aumentou até alcançar $0,99 \text{ g mês}^{-1}$, no 48^o mês, diminuindo a seguir (Figura 8).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de caracterizar o acúmulo de macronutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre) foi instalado um experimento na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES. O plantio foi realizado em outubro de 1995 e o experimento conduzido até o sexto ano de idade.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplante. Os blocos foram dispostos em uma área com 1.500 plantas no sentido perpendicular à área do experimento e cada parcela constituída por uma única planta. Em cada bloco foram conduzidas 100 plantas úteis, no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Uma planta por época de amostragem, em três repetições, foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio. Nas avaliações utilizou-se o clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8111. As plantas úteis foram circundadas pelos outros clones da mesma variedade, que constituíram as bordaduras. As adubações e os tratos culturais foram realizados de acordo

com as recomendações técnicas existentes para a cultura, no Estado no estado do Espírito Santo.

As três plantas amostradas, em cada época, foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e a seguir foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Além da coleta dos frutos nas épocas estabelecidas para as amostragens, foi avaliada a produtividade de café beneficiado em sc/ha. Após o preparo das partes recém-coletadas determinou-se o peso da matéria seca. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S foram analisados em todos os órgãos citados. Em seguida, utilizando os valores médios das três plantas, foram determinados os conteúdos e as taxas de acúmulo dos nutrientes.

A determinação do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feita multiplicando as concentrações dos nutrientes pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, dividindo o valor por 100. A taxa de acúmulo mensal de cada nutriente foi obtida com a derivada primeira da equação, ajustada ao conteúdo de cada nutriente na planta em função do tempo.

Concluiu-se que:

1. Os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na planta aumentaram até o 72^o mês, alcançando 249,38 g, 14,17 g, 137,16 g, 214,10 g, 42,37 g e 23,64 g. A ordem de acúmulo foi: N > Ca > K > Mg > S > P.

2. As folhas apresentaram maiores conteúdos de N, K, Ca, Mg, S e o tronco + ramos ortotrópicos o maior conteúdo de P. Os frutos e as raízes apresentaram os menores conteúdos de Ca.

3. De modo geral, as taxas de acúmulo de macronutrientes foram máximas entre o 36^o e 48^o mês, exceção feita para o Ca e Mg que foi crescente até o 72^o mês.

CAPÍTULO 3

ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES PELO CAFEIEIRO CONILON (*Coffea canephora* PIERRE)

1. INTRODUÇÃO

As quantidades de nutrientes exigidas pelo cafeeiro durante o seu ciclo variam de forma significativa e a determinação do seu conteúdo por meio da análise de tecidos, juntamente com a determinação da curva de acúmulo dos nutrientes minerais, reveste-se de grande importância. Em média, as plantas possuem cerca de 9 % de nutrientes minerais na matéria seca (BUCHANAN, 2000), existindo grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas.

Além da espécie e do genótipo, as quantidades de nutrientes acumuladas variam com o local e a época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta. De acordo com KOZLOWSKI e PALLARDY (1996), a partição destes nutrientes dentro de uma árvore, como o cafeeiro, depende da distribuição de matéria seca e do teor de nutrientes nos diferentes órgãos e tecidos. Quando ocorre aumento em tamanho, a proporção da matéria seca de folhas diminui, enquanto a proporção de caule e casca aumenta.

Conseqüentemente, é de se esperar que o conteúdo de minerais nestas partes também acompanhe este aumento.

Os micronutrientes são fundamentais para o metabolismo do cafeeiro. Devido ao seu alto potencial produtivo e sua exigência nutricional, o Conilon apresenta respostas marcantes à sua aplicação. Em experimentos instalados sobre Latossolo Amarelo, no norte do Espírito Santo, verificou-se acréscimo de 1.037% na produtividade, quando se comparou plantas que receberam adubação completa com aquelas que não receberam fertilizantes. O fornecimento de Zn e B, na presença de macronutrientes, calcário e palha de café, aumentaram a produtividade em 50 e 43 %, respectivamente (BRAGANÇA et al., 1995b). Além dos efeitos diretos na produção, os nutrientes minerais influenciam o período produtivo econômico do cafeeiro, retardando a senescência.

De acordo com WELCH (1995), o interesse pelo estudo dos micronutrientes, em plantas, tem aumentado gradativamente na última década em função dos recentes avanços alcançados pelas pesquisas que evidenciaram seu papel importante na resistência ao estresse e às doenças das plantas e, em extensão, dos animais.

No Brasil, as pesquisas relacionadas aos micronutrientes em cafeeiros somente desenvolveram-se a partir de 1955, sendo que antes de 1950 não se conheciam problemas envolvendo estes elementos nos cafezais brasileiros, devido ao baixo consumo de fertilizantes contendo NPK e ao uso de quantidades razoáveis de adubo orgânico (HAAG et al., 1991). Desta forma, somente a partir da década de 1960, com os trabalhos de CATANI et al. (1967), os resultados de pesquisa com micronutrientes começaram a ser publicados.

Segundo CATANI et al. (1967), as quantidades de micronutrientes extraídas pela variedade Mundo Novo (*C. arabica*), aos dez anos de idade, para o desenvolvimento de seu tronco, ramos e folhas foram de 555 mg B; 37.157 mg Cl; 214 mg Cu; 3.765 mg Fe; 776 mg Mn; 1,6 mg Mo e 144 mg Zn. A extração de micronutrientes para produção de 2.000 kg frutos secos a 60° C foi de 24 g B; 3.380 g Cl; 21 g Cu; 55 g Fe; 19 g Mn; 11 g Zn e 0,15 g Mo.

CORREA et al. (1985), trabalhando com variedades mais produtivas de Mundo Novo e Catuaí Vermelho (*C. arabica*), verificaram que aos 78 meses de

idade estas cultivares acumularam 437 mg B, 506 mg Cu, 7.516 mg Fe, 564 mg Mn, 500 mg Zn e, 479 mg B, 497 mg Cu, 8.460 mg Fe, 787 mg Mn e 657 mg Zn, respectivamente. A exigência nutricional destas variedades foi crescente a partir dos seis primeiros meses até 78 meses de idade após o plantio (6,5 anos), independentemente da quantidade de fruto produzida.

Mais recentemente, CIETTO e HAAG (1989) trabalhando com cafeeiros *C. arabica* cv. Catuaí com dois, três, quatro e cinco anos de idade determinaram o acúmulo de micronutrientes no caule, ramos, folhas e frutos, durante as fases fenológicas de repouso, granação e maturação. Concluiu-se que o maior acúmulo de Cu, Mn e Zn ocorre nos meses de julho, janeiro e junho em cafeeiros com cinco anos de idade. O acúmulo de B e Fe variam em função das épocas. Em janeiro e junho, o acúmulo de Fe não mostrou diferenças entre as idades. A quantidade total de micronutrientes acumulada aos cinco anos de idade, na fase de maturação dos frutos, para o desenvolvimento do caule, ramos, folhas e frutos, foi de: 248,52 mg B, 104,43 mg Cu, 4.955,85 mg Fe, 1.863,39 mg Mn e 75,86 mg Zn. A exportação através da colheita, em função do conteúdo total da planta, foi 30 % de B, 46 % de Cu, 26 % de Fe, 14 % de Mn e 25 % de Zn.

A determinação do conteúdo de nutrientes nos diversos órgãos da planta é importante na estimativa de remoção dos nutrientes da área de cultivo. Desta forma, objetivou-se determinar neste trabalho o acúmulo de micronutrientes pelos diversos órgãos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área experimental e os detalhes sobre a instalação e condução dos experimentos estão descritos nas páginas 3 a 6.

2.1. Características avaliadas

As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três plantas, foram determinadas as características relacionadas aos nutrientes.

2.1.1. Nutrientes

As partes recém-coletadas foram lavadas sob fluxo contínuo de água de torneira, enxaguadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, para secagem até peso constante. Folhas secas, murchas ou deterioradas não foram coletadas para análise. Posteriormente, a matéria seca foi pesada e moída em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,85 mm (20 mesh) e armazenadas em frasco de vidro para subsequente análise química.

Uma amostra de 0,500 g de matéria seca foi digerida pela mistura nitroperclórica para determinação de Cu, Fe, Mn e Zn. Na determinação do B, usaram-se amostras de 0,200 g de matéria seca, que foram submetidas ao processo de incineração. A quantificação dos nutrientes foi feita de acordo com os seguintes métodos (MALAVOLTA et al., 1997): Cu, Fe, Mn e Zn, pelo método da espectrofotometria de absorção atômica; e o B, pelo método colorimétrico da azometina H. Os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu foram expressos em mg/kg e o peso da matéria seca em kg.

O cálculo do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feito multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, dividindo-se o valor por 100, conforme equação descrita abaixo. O conteúdo total na planta foi obtido tomando-se os conteúdos de cada órgão. A taxa de acúmulo mensal foi obtida pela subtração do conteúdo estimado para o nutriente, em um determinado mês, pelo conteúdo estimado no mês anterior.

$$C = MS \times T$$

em que

C = conteúdo do micronutriente (mg);

MS = peso da matéria seca (kg); e

T = teor do nutriente (mg/kg).

2.2. Análise estatística

As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (EUCLIDES, 2004). Na análise de regressão foram ajustados os modelos sigmóides disponíveis no software CurveExpert. A seleção do melhor modelo foi feita com base na análise gráfica dos resíduos e na análise do coeficiente de correlação entre valores observados e estimados da variável dependente, conforme DRAPER e SMITH (1988). Na análise de regressão, a variável independente foi sempre considerada a idade da planta, expressa em meses após o transplante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ferro

O conteúdo total de Fe no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 4.716,05 mg/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 10,48 kg ha⁻¹ de Fe (Figura 1). Observou-se que aos 72 meses de idade o Fe foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 74 % do total de micronutrientes distribuídos entre os vários órgãos analisados (Figura 2).

Do total de 4.716,65 mg de Fe acumulado na planta, verificou-se que 3.390,31 mg foram alocados nas raízes, 433,81 mg no tronco + ramos ortotrópicos, 370,27 mg nas folhas, 365,59 mg nos frutos e 156,07 mg nos ramos plagiotrópicos, o que corresponde a um acúmulo de 72 % nas raízes, 9 % no tronco + ramos ortotrópicos, 8 % nas folhas e frutos e 3 % nos ramos plagiotrópicos (Figura 3).

O conteúdo total de Fe acumulado pelo Conilon foi semelhante àquele encontrado por CATANI et al. (1967) e CIETTO e HAAG (1989). Entretanto, deve-se ressaltar que estes autores não incluíram as raízes em suas análises. Por outro lado, o conteúdo total de Fe acumulado pelo Conilon foi inferior àquele constatado por CORREA et al. (1985), que encontraram 7.516 g e 8.460 g de Fe, incluindo todos os órgãos das variedades Mundo Novo IAC-379/19 e Catuaí Vermelho (IAC 81), respectivamente.

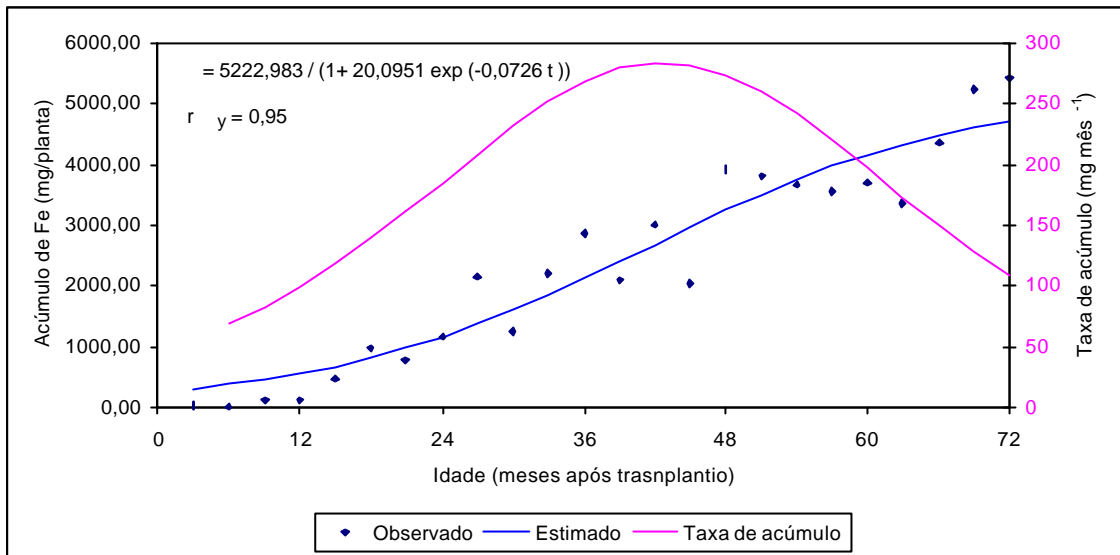


Figura 1 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de Fe pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

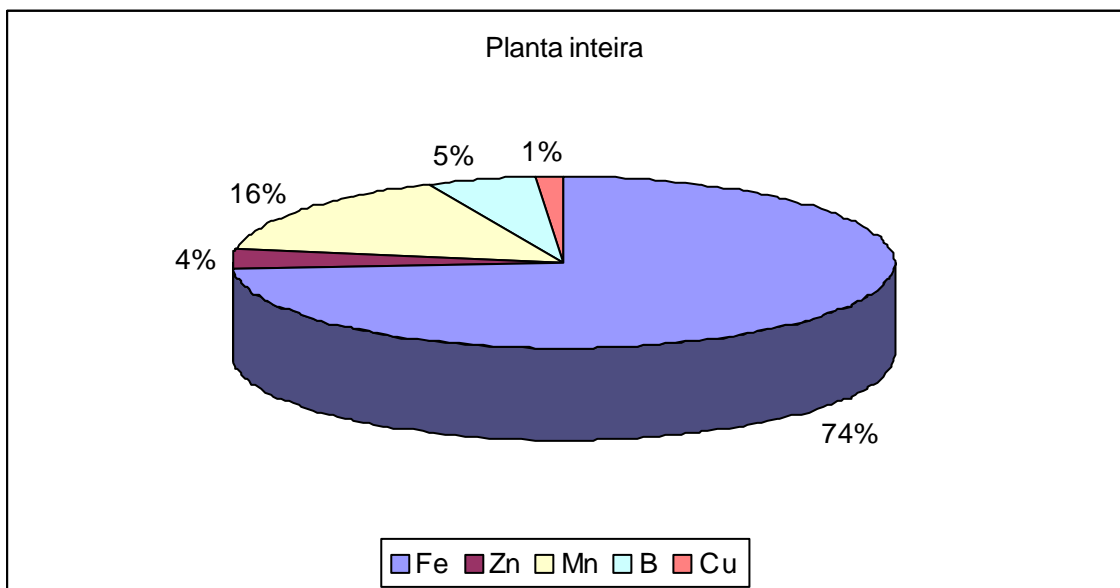


Figura 2 – Partição de micronutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), aos 72 meses de idade.

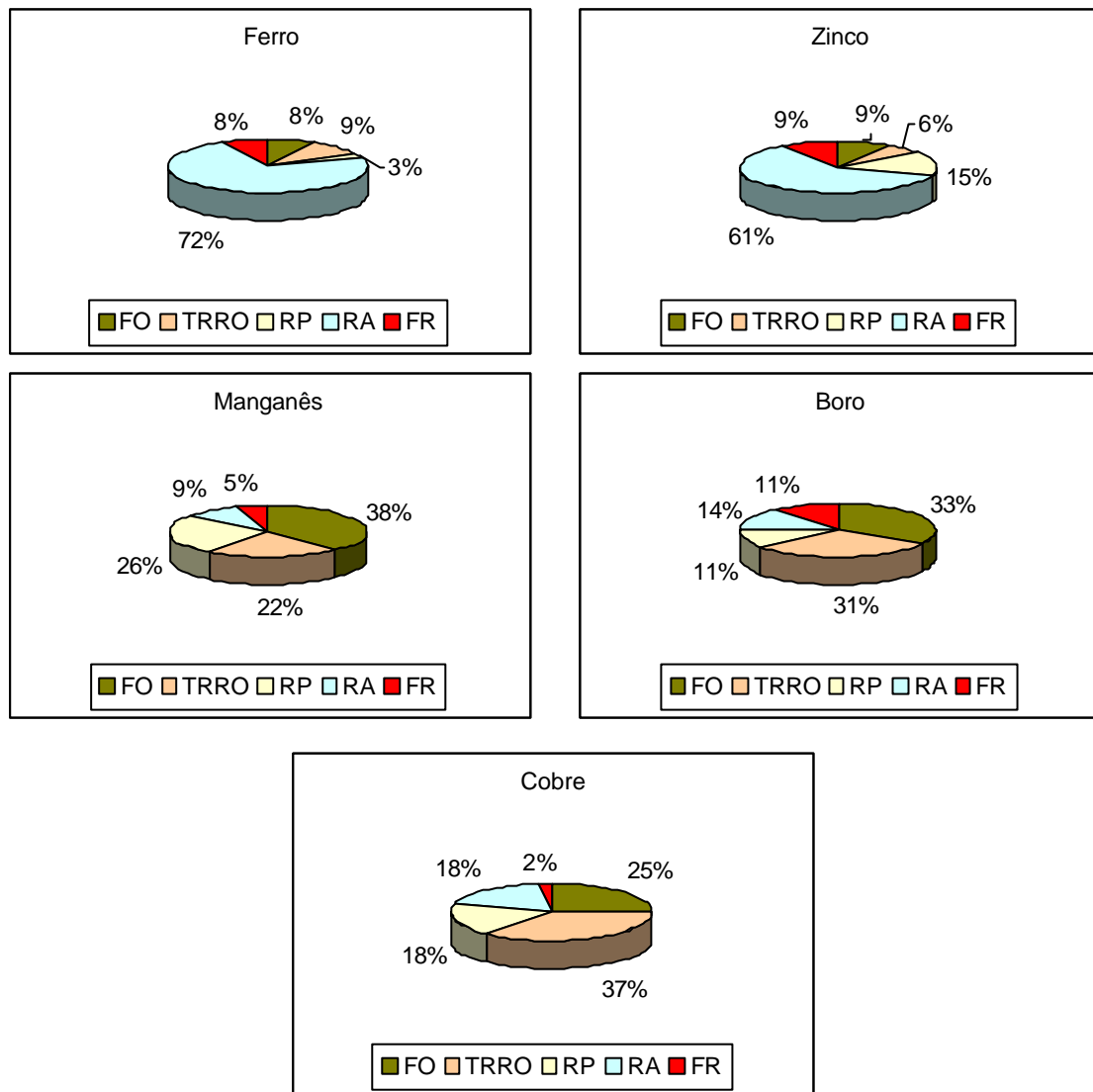


Figura 3 – Partição de micronutrientes entre folhas (FO), Ramos ortotrópicos (RO), Ramos plagiotrópicos (RP), raízes (RA) e frutos (FR) do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 72 meses de idade.

Entretanto, o elevado conteúdo de Fe constatado em raízes de cafeeiros, provavelmente, não reflete uma necessidade fisiológica da planta, mas sim a uma excessiva deposição deste elemento no apoplasto das células radiculares.

Após o Cl, o Fe é o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro (CATANI et al., 1967; CORREA et al., 1985; CIETTO e HAAG, 1989). Nas plantas, aproximadamente, 80 % do Fe ocorrem nos cloroplastos, onde têm um papel importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas e clorofila. É componente de sistemas redox, sendo constituinte enzimático das

hemoproteínas (citocromos, catalases, peroxidases, leghemoglobina), ferrosulfoproteínas (ferredoxina, izoenzimas superóxido dismutase, aconitase), além de outras enzimas menos caracterizadas como as lipoxigenases e coproporfirinogenio oxidase (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

Levando-se em consideração a produção total de matéria seca constatada aos 72 meses de idade (15,94 kg/planta) e o conteúdo total de Fe, verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 295,86 mg/kg de matéria seca. Resultados semelhantes foram obtidos por CORREA et al. (1985) para *C. arábica*.

A taxa de acúmulo de Fe observada para o cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 108,90 mg mês⁻¹, no 42^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1).

3.2. Manganês

Após o Fe, o Mn foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon (Figura 2), com um percentual de 16 % do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 1.018,32 mg/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 2,26 kg ha⁻¹ de Mn (Figura 4).

Do total de 1.018,32 mg de Mn acumulado na planta, 386,55 mg foram alocados nas folhas, 264,14 mg nos ramos plagiotrópicos, 224,37 no tronco + ramos ortotrópicos, 88,14 mg nas raízes e 55,12 mg nos frutos, o que corresponde a um acúmulo de 38 % nas folhas, 26 % nos ramos plagiotrópicos, 22 % no tronco + ramos ortotrópicos, 9 % nas raízes e 5 % nos frutos (Figura 3).

As quantidades totais de Mn acumuladas pelo cafeeiro Conilon foram superiores às encontradas por CATANI et al. (1967) e CORREA et al. (1985) e inferiores às encontradas por CIETTO e HAAG (1989), para *C. arábica*.

Levando em consideração o peso da matéria seca total constatada aos 72 meses de idade e o conteúdo total de Mn, verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 63,88 mg/kg de matéria seca.

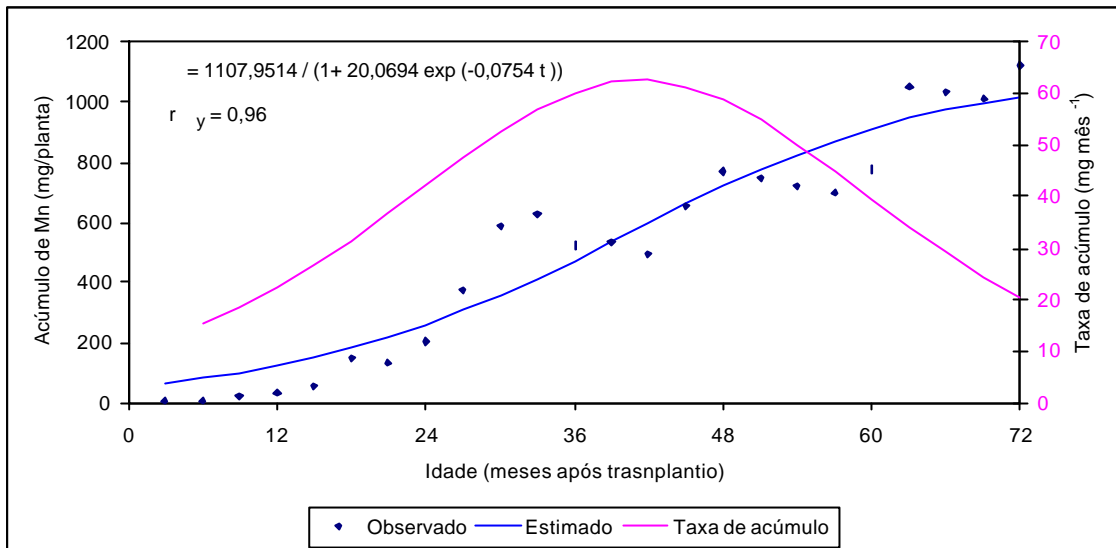


Figura 4 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de Mn pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

CORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC 379/19) e Catuaí (IAC 81), encontraram um teor médio de 20 mg/kg e 30 mg/kg de Mn em relação peso da matéria seca total, respectivamente.

Além de ser essencial na síntese de clorofila, evolução do O₂ durante a fotossíntese e estrutura lamelar dos tilacóides dos cloroplastos, o manganês participa como co-fator de várias enzimas importantes como peroxidases e algumas ligadas ao metabolismo do C e do N. Sob deficiência ocorre redução no conteúdo de clorofila e constituintes das membranas do cloroplasto, como fosfolipídeos e glicoproteínas (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002). Nas condições onde predomina o cultivo do Conilon, no norte do Estado do Espírito Santo, tem-se observado respostas marcantes à aplicação de Mn em lavouras instaladas sobre Latossolo Amarelo (SILVEIRA e CARVALHO, 1989).

Em trabalho sobre a avaliação do estado nutricional do cafeeiro Conilon no norte do Espírito Santo, por meio da análise foliar, BRAGANÇA et al. (1989) constataram que 60 % das lavouras amostradas estavam deficientes neste nutriente, sendo que, SILVEIRA e CARVALHO (1989) corrigiram sintomas visuais de deficiência aplicando sulfato de manganês a 1 %, via foliar, elevando os teores iniciais de 7 para 21 mg/kg, quando os sintomas desapareceram.

A taxa total de acúmulo de Mn observada para o cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 62,55 mg mês⁻¹, no 42º mês, diminuindo em seguida (Figura 4).

3.3. Boro

O B foi o terceiro micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon (Figura 2) com um percentual de 5% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 336,39 mg/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 0,75 kg ha⁻¹ de B (Figura 5). As quantidades totais de B acumuladas pelo cafeeiro Conilon foram superiores às encontradas por CIETTO e HAAG (1989) e inferiores às encontradas por CATANI et al. (1967) e CORREA et al. (1985) para *C. arábica*.

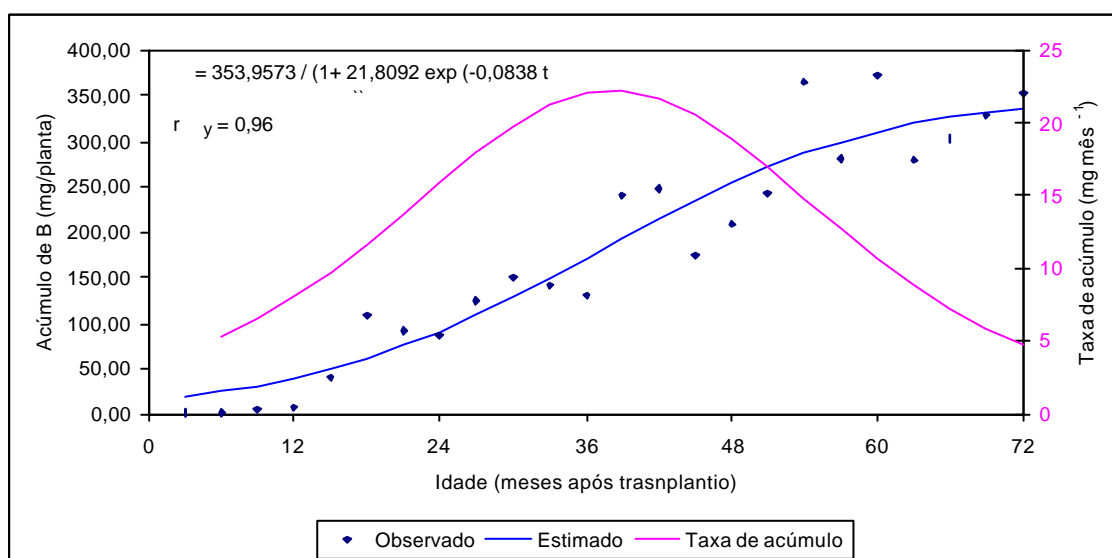


Figura 5 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de B pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

Do total de 336,39 g de B acumulado na planta, 111,96 g foram alocados nas folhas, 103,73 g no tronco + ramos ortotrópicos, 47,53 nas raízes, 36,68 nos frutos e 36,49 nos ramos plagiotrópicos. Observa-se, na Figura 3, que a

partição foi maior nas folhas (33 %) seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (31 %), dos ramos plagiotrópicos (14 %), dos frutos (11 %) e ramos plagiotrópicos (11 %).

O B participa do crescimento celular, da biossíntese de componentes da parede celular, do metabolismo de fenóis, dos ácidos nucléicos, dos carboidratos e da AIA, além de conferir estabilidade e estrutura à parede celular (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002). Ao lado do Mn e do Zn, é um micronutriente que tem proporcionado respostas significativas, com acréscimos de até 43 % na produtividade do cafeeiro Conilon (BRAGANÇA et al., 1995b), quando fornecido juntamente com os macronutrientes, calcário e matéria orgânica.

Verificou-se que o teor médio de B em relação ao peso da matéria seca total, aos 72 meses de idade (15,94 kg/planta), foi de 21,10 mg/kg. CORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí (IAC 81), encontraram o mesmo teor em ambas as variedades. CATANI et al. (1967) encontraram teor de 30 mg/kg de B em relação ao peso da matéria seca do tronco, ramos, folhas e frutos de *C. arabica*.

A taxa de acúmulo de B, considerando-se toda a planta, aumentou até alcançar 22,20 mg mês⁻¹, no 39^o mês, diminuindo em seguida (Figura 5).

3.4. Zinco

O Zn foi o quarto micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon (Figura 2), com percentual de 4 % do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 239,96 mg/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 0,53 kg ha⁻¹ de Zn (Figura 6).

Esta quantidade de Zn acumulada em todos os órgãos do Conilon é superior àquelas encontradas para a variedade Catuaí (*C. arabica*), por CATANI et al. (1967) e CIETTO e HAAG (1989) e inferior àquela encontrada por CORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí Vermelho (IAC81).

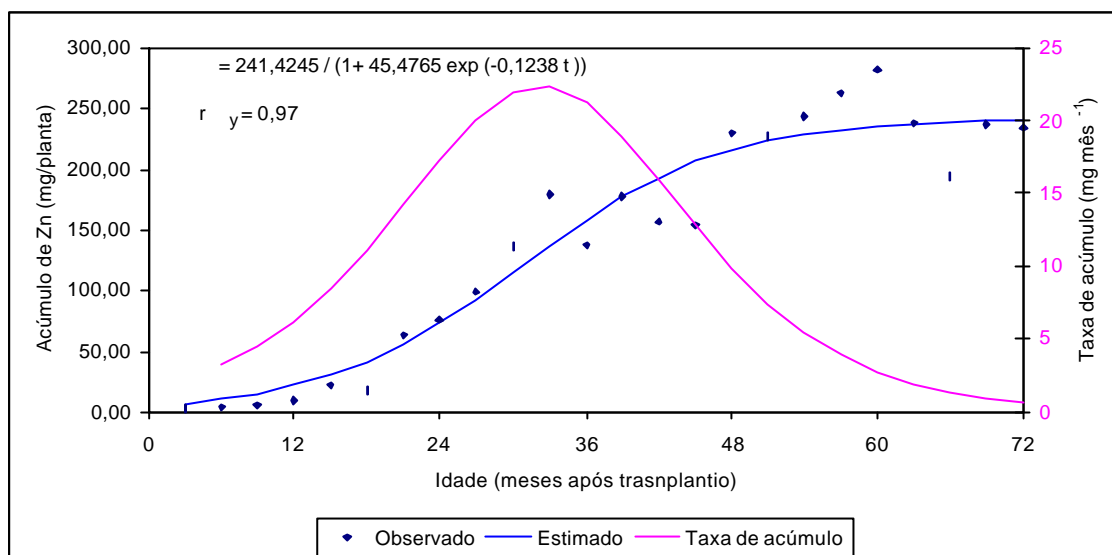


Figura 6 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de Zn pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

Do total de 239,96 mg de Zn acumulado na planta, 145,54 mg foram alocados para as raízes, 35,74 mg para os ramos plagiotrópicos, 22,79 mg para os frutos, 20,44 mg para as folhas e 15,45 mg para o tronco + ramos ortotrópicos, o que corresponde a um acúmulo de 61 % nas raízes, 15 % nos ramos plagiotrópicos, 9 % nos frutos e folhas e 6 % no tronco + ramos ortotrópicos (Figura 3).

Nas plantas, o Zn participa como co-fator estrutural, funcional ou regulatório de várias enzimas, dentre elas a anidrase carbônica, a Cu-Zn-superóxido dismutase, a RNA polimerase e a maioria das desidrogenases. Afeta o metabolismo de carboidratos, controlando a atividade de certas enzimas-chaves deste processo. É essencial para a manutenção da integridade estrutural das membranas e da biossíntese do ácido indoleacético (AIA) (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002). Em café Conilon, o fornecimento de Zn na cova de plantio aumentou em 50 % a produtividade (BRAGANÇA et al., 1995b).

O teor médio de Zn em relação ao peso da matéria seca total do Conilon, aos 72 meses de idade, foi de 15,05 mg/kg. CORREA et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí (IAC-81), encontraram teor de 20 mg/kg e 30 mg/kg, respectivamente. CATANI et al.

(1967) encontraram teor de 7 mg/kg em relação ao peso da matéria seca do tronco, ramos, folhas e frutos de *C. arabica*.

A taxa de acúmulo de Zn, considerando toda a planta, aumentou até alcançar 22,32 mg mês⁻¹, no 33^o mês, diminuindo em seguida (Figura 6).

3.5. Cobre

O conteúdo total de Cu no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 87,85 mg/planta, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 0,20 kg ha⁻¹ de Cu (Figura 7). Trabalhando com a variedade Catuaí (*C. arábica*), CATANI et al. (1967), CORREA et al. (1985) e CIETTO e HAAG (1989) encontraram 214,0 mg, 497,0 mg e 101,43 mg de Cu, respectivamente.

Observou-se que aos 72 meses de idade o Cu foi o quinto micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com um percentual de 2% do total de micronutrientes distribuídos entre os vários órgãos analisados (Figura 2). Do total de Cu acumulado na planta, 32,11 mg foi alocado no tronco + ramos ortotrópicos, 21,68 mg nas folhas, 16,25 mg nas raízes, 16,20 mg nos ramos plagiotrópicos e 1,61 mg nos frutos. Observa-se, na Figura 3, que o acúmulo foi maior no tronco + ramos ortotrópicos (37 %), seguidos das folhas (25 %), dos ramos plagiotrópicos (18 %), das raízes (18 %) e dos frutos (3 %).

Nas plantas, o Cu tem importante papel no metabolismo de carboidratos, lignificação da parede celular, biossíntese de substâncias envolvidas em processos de resistência das plantas a certas doenças, nodulação e fixação simbiótica do N. Participa de reações redox além de ser constituinte de vários tipos de proteínas como a plastocianina, citocromo oxidase, ascorbato oxidase, oxidases de fenóis amino oxidases e superóxido dismutase (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

Levando em consideração a produção de matéria seca total constatada aos 72 meses de idade (15,94 kg/planta) e o conteúdo total de Cu, verificou-se que o mesmo correspondeu a um teor médio de 5,51 mg/kg de matéria seca. CATANI et al. (1967), encontraram o mesmo teor para *C. arabica*.

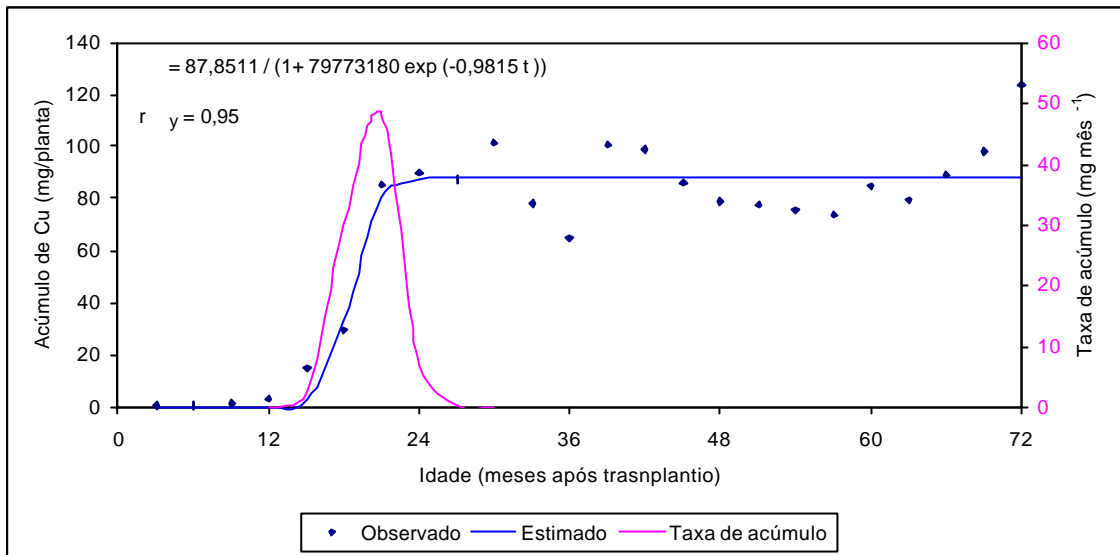


Figura 7 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de Cu pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), em função da idade.

A taxa de acúmulo de Cu, considerando toda a planta, aumentou até alcançar 48,06 mg mês⁻¹, no 21^o mês, diminuindo em seguida (Figura 7).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de caracterizar o acúmulo de micronutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), foi instalado um experimento na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES. O plantio foi realizado em outubro de 1995 e o experimento conduzido até o sexto ano de idade.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplante. Os blocos foram dispostos em uma área com 1.500 plantas no sentido perpendicular à área do experimento e cada parcela constituída por única planta. Em cada bloco foram conduzidas 100 plantas úteis, no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Uma planta por época de amostragem, em três repetições, foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio. Nas avaliações utilizou-se o clone 02, pertencente à variedade clonal E MCAPA 8111. As plantas úteis foram circundadas pelos outros clones da mesma variedade, que constituíram as bordaduras. As adubações e os tratos culturais foram realizados de acordo

com as recomendações técnicas existentes para a cultura, no Estado do Espírito Santo.

As três plantas amostradas, em cada época, foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Além da coleta dos frutos nas épocas estabelecidas para as amostragens, foi avaliada a produtividade em sacas de café beneficiado por hectare. Após o preparo das partes recém-coletadas determinou-se o peso da matéria seca. Analisaram-se os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu em todos os órgãos citados. Em seguida, utilizando-se os valores médios das três plantas, foram determinados os conteúdos e as taxas de acúmulo dos nutrientes.

A determinação do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feita multiplicando-se as concentrações dos nutrientes pelos respectivos valores da matéria seca, obtidos em cada amostragem. A taxa de acúmulo mensal de cada nutriente foi obtida com a derivada primeira da equação, ajustada ao conteúdo de cada nutriente na planta em função do tempo.

Concluiu-se que:

1. Os conteúdos de Fe, Mn, B, Zn e Cu na planta aumentaram até o 72^o mês, alcançando 4.716,05 mg, 1.018,32 mg, 336,39 mg, 239,96 mg, e 87,85 mg. A ordem de acúmulo foi: Fe > Mn > B > Zn > Cu.

2. As folhas apresentaram maiores conteúdos de B e Mn e o tronco + ramos ortotrópicos o maior conteúdo de Cu.

3. De modo geral, as taxas de acúmulo dos micronutrientes foram máximas entre o 33^o e 42^o mês, exceção feita para o Cu que foi no 21^o mês.

CAPÍTULO 4

FLUTUAÇÃO ESTACIONAL DOS TEORES DE NUTRIENTES E SUA PARTIÇÃO NOS DIFERENTES ÓRGÃOS DO CAFEEIRO CONILON (*Coffea canephora* PIERRE)

1. INTRODUÇÃO

A determinação dos teores de nutrientes no tecido vegetal é de fundamental importância, podendo ser aplicada às mais diversas finalidades, dentre as quais se destacam a avaliação do estado nutricional da planta. Além da disponibilidade de água e nutrientes, a composição mineral das plantas varia, principalmente, com a espécie e cultivar, época de amostragem do tecido vegetal, fase fenológica, idade da planta e dos órgãos amostrados e condições edafoclimáticas.

De acordo com FONTES (2001), todos os fatores que proporcionam mudanças na taxa de crescimento e de absorção acarretarão diferentes teores do nutriente no tecido. Ou seja, se houver diminuição ou paralização da taxa de crescimento e o nutriente continuar sendo absorvido ocorrerá um efeito de concentração. Por outro lado, se houver aumento na taxa de crescimento

concomitante à absorção dos nutrientes ocorrerá um efeito de diluição dos mesmos no tecido vegetal.

Em geral, os teores dos nutrientes minerais variam na seguinte ordem: folhas > ramos mais novos > ramos mais velhos > caules. Em árvores, estes nutrientes são armazenados nas folhas, caules e raízes, sendo as células do parênquima os maiores sítios de reserva. Quando estes tecidos amadurecem e senescem, os nutrientes móveis, freqüentemente, são remobilizados para tecidos meristemáticos ativos. Tal transporte é importante para o crescimento inicial na próxima estação de crescimento e ocorre antes da rápida absorção de nutrientes do solo (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996).

Durante o processo de senescência da folha alguns nutrientes minerais aumentam o seu teor e outros diminuem. Aqueles cujos teores diminuem com a idade são o N, K, P e às vezes Mg e aqueles que aumentam são o Ca, S, Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo (MULLER, 1959).

O teor desses nutrientes dentro de uma árvore, como o cafeeiro, depende também da distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos e tecidos. Quando ocorre aumento em tamanho, a proporção de matéria seca de folhas diminui, enquanto a proporção de caule e casca aumenta (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996). Conseqüentemente, ocorre variação na concentração de minerais nestes órgãos.

Ao contrário das culturas com ciclo de crescimento determinado, o modelo das curvas de absorção de nutrientes para o cafeeiro é diferente, não sendo uniforme durante um ciclo vegetativo e reprodutivo completo. Os nutrientes exibem variações na velocidade de absorção associados aos estados fisiológicos mais importantes (CARVAJAL et al., 1969). Como a absorção varia, o teor dos nutrientes nos diferentes órgãos da planta deve seguir o mesmo comportamento.

Ao estudarem a variação nos teores de nutrientes no cafeeiro durante um período de 12 meses, CARVAJAL et al. (1969) verificaram que a absorção do NO_3^- ocorre em maior quantidade durante curtos períodos antes da floração, no período de crescimento e início da maturação, diminuindo na floração e depois da colheita. Para o K, a maior taxa de absorção ocorre imediatamente depois da colheita e diminui, notavelmente, durante a floração, aumentando depois desta. Por outro lado, a taxa de absorção de Ca é maior depois da

primeira floração, mostrando valores mais ou menos uniformes durante os quatro meses seguintes. A taxa de absorção de Mg exibe um máximo no início do período de crescimento e, aparentemente, muda muito durante as épocas em que o café passa por outros estádios fisiológicos.

Trabalhando com a espécie *C. arabica* variedade Bourbon Vermelho até os cinco anos de idade, CATANI e MORAES (1958) também constataram um padrão distinto para os teores dos nutrientes analisados em função das fases fenológicas e do tipo de órgão amostrado. Enquanto as folhas e frutos mostraram variação pronunciada nos teores da maioria dos nutrientes, nos ramos, tronco e raízes, tal fenômeno não se verificou. Houve tendência dos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e frutos crescerem em janeiro e decrescer em julho. O cálcio pareceu não seguir a mesma variação que os demais elementos. De modo geral, as folhas e os frutos apresentaram os maiores teores de nutrientes em relação às raízes, tronco e ramos, exceção feita para o Ca, nos frutos.

Posteriormente, CATANI et al. (1965) trabalhando com a variedade Mundo Novo (*C. arabica*) até os dez anos de idade constataram que os teores de N, P, K, Ca, Mg e S foram menores no tronco e nos ramos, e mais elevados nas folhas. Observaram que o teor de Ca foi elevado nas folhas, caindo sensivelmente nos frutos. O valor médio da relação Ca/Mg foi de, aproximadamente, 3,0 nas folhas e 1,5 nos frutos. Quanto às relações K/Ca e K/Mg, houve aumento sensível do seu valor nos frutos em relação às folhas, o que se relacionou ao decréscimo pronunciado no teor de Ca e de Mg nos frutos. Finalmente, os autores relataram que o teor de S apresentou um valor igual ou maior do que o de P nos diferentes órgãos, com exceção dos frutos, que se mostrou mais rico no segundo elemento.

BONNET (1969), avaliando a influência da época de amostragem (final do verão e final do inverno) sobre os teores foliares de nutrientes de duas variedades de *C. arabica* (Caturra e Bourbon Vermelho), obtiveram diferenças altamente significativas para N, P, K, Ca, Mg e B entre as estações. Para o Fe, Zn, Mn e Cu os teores foram semelhantes nas duas épocas estudadas.

CHAVES e SARRUGE (1984), estudando os teores de macronutrientes nas folhas e frutos do cafeeiro *C. arabica* cv Catuaí Amarelo IAC 39, durante um ciclo reprodutivo, observaram padrão distinto para cada elemento

analisado. Os teores de N, Ca, e Mg, durante o período de amostragem, foram mais elevados nas folhas que nos frutos. O K e P apresentaram-se em teores mais elevados nos frutos, e o S apresentou teores semelhantes tanto nas folhas quanto nos frutos. Com relação à época de amostragem, observaram que os teores de todos os elementos nos frutos foram mais elevados nos estádios iniciais de crescimento, exceção para o enxofre. Nas folhas, os teores de Ca e Mg aumentaram, principalmente, durante a fase mais ativa de crescimento dos frutos, enquanto os teores de N, P e K reduziram-se, atingindo valores abaixo daqueles considerados adequados.

Em relação aos micronutrientes, CATANI et al. (1967), avaliando os teores de Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Cl e Al no tronco, nos ramos, nas folhas e nos frutos da variedade Mundo Novo (*C. arabica*), até os dez anos de idade, observaram variação pronunciada em função da parte da planta considerada. Assim, as folhas do cafeeiro constituem a parte mais rica em micronutrientes e o tronco a mais pobre. O molibdênio é o que ocorre em menor teor, variando de 0,03 a 0,05 mg/kg no tronco e de 0,21 a 0,23 mg/kg nas folhas. O cloro é o que apresenta maior teor, variando de 140 a 220 mg/kg no tronco e de 6.280 a 7.350 mg/kg, nas folhas. Os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu, nas folhas, variaram de 460 a 550 mg/kg de Fe, 15 a 21 mg/kg de Zn, 67 a 97 mg/kg de Mn, 81 a 82 mg/kg de B e 20 a 22 mg/kg de Cu, respectivamente.

Portanto, observa-se que os teores de nutrientes nos tecidos do cafeeiro são influenciados por vários fatores, destacando-se aqueles relacionados às características genéticas da planta. O objetivo deste trabalho foi determinar a flutuação estacional dos teores de nutrientes e sua partição nos diferentes órgãos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área experimental e os detalhes sobre a instalação e condução dos experimentos estão descritos nas páginas 3 a 6.

2.1. Características avaliadas

As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas, de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Em seguida, as partes recém-coletadas foram lavadas sob fluxo contínuo de água de torneira, enxaguadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, para secagem até peso constante. Folhas secas, murchas ou deterioradas não foram coletadas para análise. Posteriormente, procedeu-se a pesagem da matéria seca e sua moagem em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,85 mm (20 mesh) e, finalmente, realizou-se o armazenamento em frasco de vidro para subsequente análise química.

Uma amostra de 0,500 g de matéria seca foi digerida pela mistura nitroperclórica para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. Na determinação do N total, usaram-se amostras de 0,200 g que foram

submetidas à digestão sulfúrica e na determinação do B dige stão de 0,200 g de matéria seca pelo processo de incineração. A quantificação dos nutrientes foi feita de acordo com os seguintes métodos (MALAVOLTA et al. 1997): fósforo, pelo método colorimétrico do azul de molibdênio; potássio, por fotometria em emissão de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica; e o enxofre, por turbidimetria do sulfato de bário. O nitrogênio foi determinado pelo método semimicro-Kjeldahl, e o B, pelo método colorimétrico da azometina H. Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S foram expressos em dag/kg, e os de Fe, Zn, Mn, B e Cu, em mg/kg. O cálculo do conteúdo dos micronutrientes nos órgãos da planta foi feito multiplicando-se os teores pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, conforme equação descrita abaixo. O conteúdo total na planta foi obtido somando-se os conteúdos de cada órgão.

$$C = MS \times T$$

em que

C = conteúdo do micronutriente (mg);

MS = peso da matéria seca (kg); e

T = teor do nutriente (mg/kg).

2.2. Análise dos dados experimentais

Após análise química, determinou-se a média e o desvio-padrão dos teores de cada nutriente nos meses de janeiro, abril, julho e outubro, durante seis anos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Macronutrientes

O N e o K nas folhas apresentaram comportamento sazonal semelhante, cujos teores médios variaram de 2,73 dag/kg N, em julho, a 3,04 dag/kg N, em outubro e, 1,57 dag/kg K, em julho a 1,90 dag/kg K, em outubro (Figura 1). Os teores de N e K observados em outubro estão próximos daqueles considerados adequados para o cafeeiro Conilon (BRAGANÇA et al., 2001), com exceção do mês de julho, após a colheita, quando os teores foram menores, provavelmente devido à mobilização deste nutriente para os frutos. Embora os teores foliares de K tenham sido menores em julho, comportamento semelhante também foi observado no mês de janeiro, época em que os frutos estão na fase de granação.

Durante a fase reprodutiva, os frutos são considerados drenos principais, ou seja, importadores de assimilados. Nesta fase fenológica, as taxas de crescimento potenciais dos mesmos variam, ocorrendo fases caracterizadas por um número estacionário de células (fase *lag*) e outras onde ocorre máxima divisão celular (fase *exponencial*). Nas fases onde ocorre aumento nas taxas de crescimento há alteração na relação entre as fontes produtoras de carboidratos e os drenos importadores, fazendo com que os nutrientes sejam mobilizados com maior intensidade para estas regiões. Ao final do período de

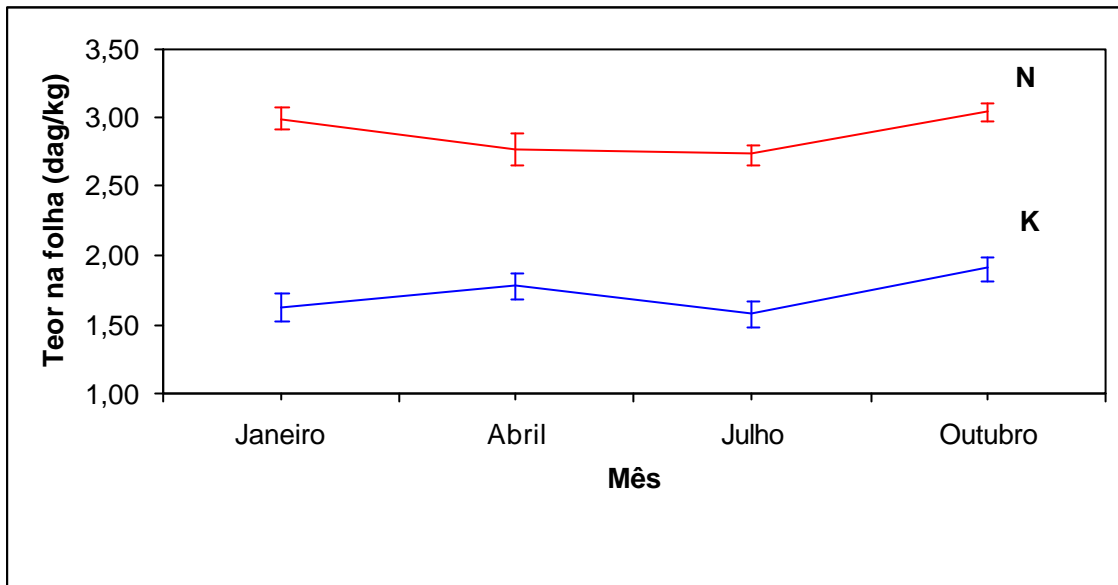


Figura 1 – Variação sazonal de N e K nas folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

frutificação, após a colheita, é comum observar nas lavouras de café uma depleção nos teores foliares de N e K, principalmente em anos de alta produção.

Além dos aspectos relacionados à relação fonte/dreno, o comportamento sazonal observado para o N e o K, nas folhas, provavelmente, esteja associado à periodicidade de crescimento que o cafeeiro apresenta. De acordo com BARROS e MAESTRI (1972), os fatores determinantes deste ritmo biológico parecem diretamente mais associados a condições climáticas que às condições intrínsecas à própria planta. Uma redução no fotoperíodo, provavelmente, leve a planta a um estado de reduzida atividade vegetativa, sendo que outros fatores climáticos como regimes de chuvas podem estar envolvidos sob certas circunstâncias. A redução da taxa de crescimento associada à mobilização de nutrientes para a formação dos frutos faz com que haja diminuição dos teores foliares de nutrientes considerados móveis no floema, como o N e o K.

Os teores N e K nos ramos ortotrópicos variaram de 0,85 dag/kg N, em abril, a 0,94 dag/kg N, em outubro, e 0,53 dag/kg K, em julho, a 0,64 dag/kg K, em janeiro. Nos ramos plagiotrópicos os teores de N e K foram maiores que nos ramos ortotrópicos, cujos teores variaram de 1,40 dag/kg N, em abril, a

1,49 dag/kg N, em julho, e 0,99 dag/kg K, em julho, a 1,36 dag/kg K, em abril. Aparentemente, houve mobilização de K, no mês de julho, dos ramos ortotrópicos para os ramos plagiotrópicos ou produtivos. Nas raízes, os teores de N e K foram semelhantes àqueles observados nos ramos plagiotrópicos, cujos teores variaram entre 1,69 dag/kg N, em outubro, a 1,80 dag/kg N, em janeiro, e 0,87 dag/kg K, em outubro, a 1,04 dag/kg K, em janeiro. Por outro lado, os teores de N e K nos frutos foram maiores em relação a todos os outros órgãos, variando de 2,14 dag/kg N, em abril, a 3,94 dag/kg N, em outubro, e 2,15 dag/kg K, em abril, a 2,46 dag/kg K, em outubro.

Com relação ao P e Mg nas folhas, houve tendência do maior teor ocorrer em janeiro e julho, respectivamente. Para o enxofre não se observou variação periódica nítida nos seus teores, em função das épocas avaliadas (Figura 2). Os teores de P, Mg e S nas folhas variaram de 0,14 dag/kg de P, em janeiro, a 0,12 dag/kg de P, em julho/outubro; 0,37 dag/kg de Mg, em abril, a 0,41 dag/kg de Mg em julho; 0,18 dag/kg de S, em julho, a 0,21 dag/kg de S, em abril/outubro. Com exceção do S, os teores observados de P e Mg estão próximos daqueles considerados adequados para o cafeeiro Conilon.

Nos ramos ortotrópicos, os teores de P, Mg e S variaram de 0,05 dag/kg P, em outubro, a 0,07 dag/kg P, em janeiro/julho; 0,10 dag/kg Mg, em janeiro/abril a 0,12 dag/kg Mg, em julho; 0,06 dag/kg S, em julho, a 0,08 dag/kg S em abril/outubro. Nos ramos plagiotrópicos, os teores variaram 0,09 dag/kg P, em outubro, a 0,11 dag/kg P, em janeiro/julho; 0,20 dag/kg Mg, em abril a 0,31 dag/kg Mg, em julho; 0,10 dag/kg S, em janeiro/abril/julho, a 0,12 dag/kg S em outubro. Nas raízes, não houve variação nos teores de P, em função das épocas. Por outro lado, os teores de Mg e S variaram de 0,25 dag/kg Mg, em outubro a 0,31 dag/kg Mg, em janeiro/abril; 0,19 dag/kg S, em outubro, a 0,25 dag/kg S em janeiro/abril. Nos frutos, os teores variaram de 0,15 dag/kg P, em abril, a 0,23 dag/kg P, em outubro; 0,15 dag/kg Mg, em abril a 0,43 dag/kg Mg, em outubro; 0,17 dag/kg S, em janeiro/abril, a 0,22 dag/kg S em outubro.

Em relação ao teor de Ca, nas folhas, verificou-se aumento progressivo em função das épocas avaliadas, cujos teores variaram de 1,61 dag/kg, em janeiro, a 2,16 dag/kg, em outubro (Figura 3). Sendo um elemento de baixa mobilidade nas plantas e não sendo transportado no floema com facilidade

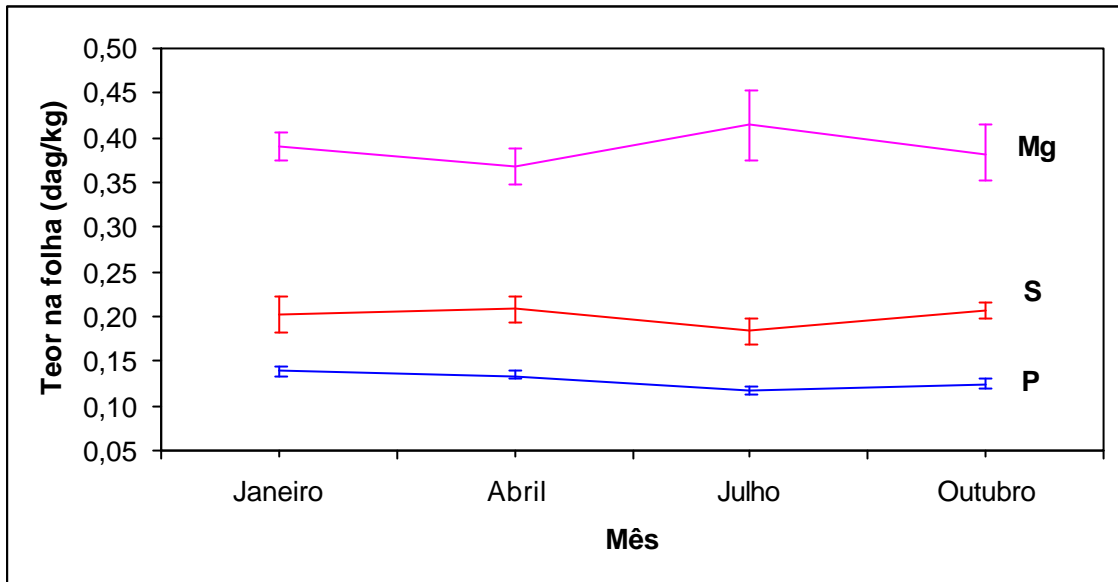


Figura 2 – Variação estacional de Mg, P e S nas folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

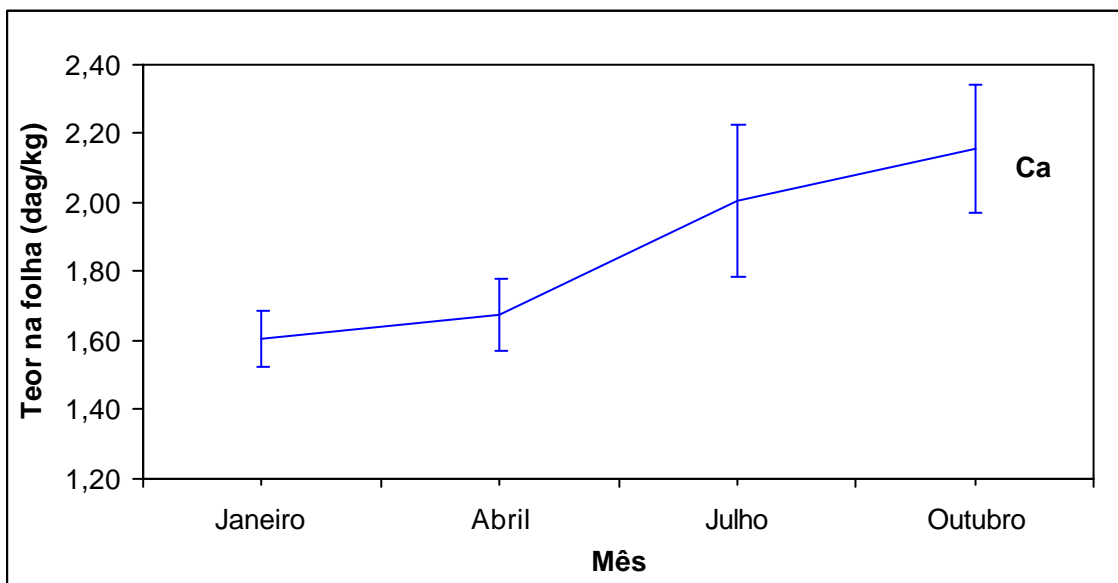


Figura 3 – Variação estacional de Ca nas folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

(MARSCHNER, 1995), o Ca é encontrado em maior teor nas folhas maduras e senescentes (LARCHER, 2000). Depois de sua localização nestes sítios, torna-se muito imóvel sofrendo a influência de outros cátions (Mg, Mn e Zn). De acordo com EPSTEIN (1975), devido a esta baixa mobilidade no floema, os frutos, tipicamente, contêm muito pouco Ca. CATANI et al. (1965), trabalhando com a variedade Mundo Novo (*C. arabica*), até os dez anos de idade, constataram que o teor de Ca foi elevado nas folhas, caindo sensivelmente nos frutos.

Adquirido inicialmente pelas raízes, a maior parte do Ca é transportada no xilema, via corrente transpiratória, embora parte possa fazê-lo pelo floema (EPSTEIN, 1975). Além da sua baixa mobilidade na planta, os maiores teores de Ca observados nas folhas do Conilon, principalmente dos 66 aos 72 meses de idade, também, podem estar relacionados a uma maior área foliar e taxa transpiratória, com o aumento da idade do cafeeiro.

Considerando a distribuição percentual dos macronutrientes entre os diversos órgãos analisados (Figura 4), verifica-se que a partição de N foi maior para as folhas (29 %) seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (24 %), das raízes (20 %), dos frutos (17 %) e dos ramos plagiotrópicos (10 %). Em relação ao P, verificou-se que 33 % deste nutriente foi alocado para o tronco + ramos ortotrópicos, 24 % para as folhas, 16 % para os frutos, 15 % para os ramos plagiotrópicos e 12% para as raízes. Para o potássio, essa fração foi de 30 % para as folhas, 25 % para o tronco + ramos ortotrópicos, 19 % para os frutos, 14 % para as raízes e 12 % para os ramos plagiotrópicos. A maior partição de Ca foi observada nas folhas (33 %) seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (28 %), dos ramos plagiotrópicos (21 %), das raízes (9 %) e dos frutos (9 %). Em relação ao Mg, verifica-se que 30 % foi alocado para as folhas, 25 % para as raízes, 23 % para o tronco + ramos ortotrópicos, 15 % para os ramos plagiotrópicos e 7 % para os frutos. De forma semelhante, a maior parte do S (31 %) foi alocada em folhas, seguidas das raízes (24 %), do tronco + ramos ortotrópicos (21 %), dos frutos (16 %) e ramos plagiotrópicos (8 %).

Por serem consideradas centro das atividades metabólicas da planta, nas folhas encontra-se a maioria das células vivas de uma árvore, que tendem a apresentar os maiores teores de nutrientes, em função dos processos de transpiração e fotossíntese (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996). Por outro lado,

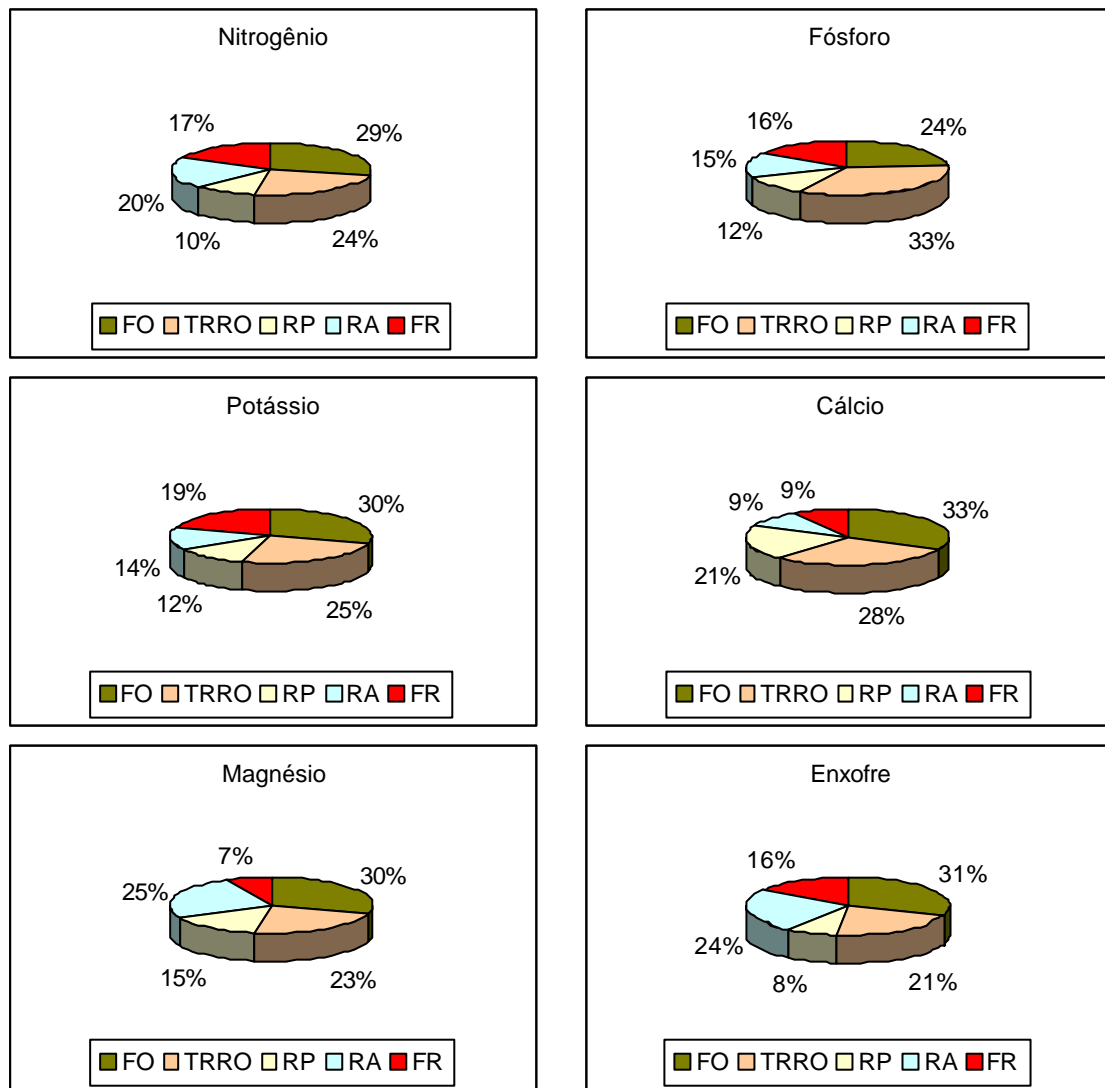


Figura 4 – Partição de macronutrientes entre folhas (FO), Ramos ortotrópicos (RO), Ramos plagiotrópicos (RP), raízes (RA) e frutos (FR) do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 72 meses de idade.

os ramos e, principalmente, o tronco, apresentam grande quantidade de células que já perderam o seu protoplasto. Este fato, aliado a maior quantidade de matéria seca das partes do cafeeiro que já apresentam crescimento secundário, faz com que os teores de nutrientes sejam menores.

Ao contrário do Ca, o N, P, K, Mg e o S apresentam elevada mobilidade no floema (MARSCHNER, 1995) e são amplamente redistribuídos dentro da planta. Portanto, em condições de deficiência, os sintomas apresentam-se primeiramente nas folhas mais velhas, exceção feita para o S que se manifesta, inicialmente, nas folhas mais novas. SIMPSON et al. (1982)

verificaram que em raízes de cevada, supridas com $N-NO_3^-$, 79 % de todo o N que chegou às folhas retornou para as raízes na forma orgânica. Do total que voltou para as raízes, 21 % foram incorporados em compostos orgânicos dos tecidos radiculares e o restante novamente voltou para a parte aérea, via xilema.

JESCHKG et al. (1985), estudando a absorção e o transporte de K, Na, Mg e Ca para a parte aérea e para as raízes de *Lupinus albus*, concluíram que cerca de 40 % do K e 22 % do Mg, presentes na planta, estavam em circulação. Considerável proporção do K (76%) e do Mg (87 %) que se translocou da parte aérea para as raízes, via floema, retornou à parte aérea pelo xilema. A proporção do íon nas folhas que retornou às raízes pelo floema foi, aproximadamente: K: 70 %, Na: 62 %, Mg: 28 % e Ca: 2 %.

Considerando cada órgão, isoladamente (Figura 5), observa-se que o valor médio da relação Ca/Mg foi de, aproximadamente, 4,77 nas folhas e 3,77 nos frutos. Quanto às relações K/Ca e K/Mg houve aumento sensível do seu valor nos frutos (2,36 e 8,88) em relação às folhas (0,92 e 4,41), o que esteve relacionado ao decréscimo no teor de Ca e de Mg nos frutos. Resultados semelhantes foram observados por CATANI et al. (1965) para *C. arabica*.

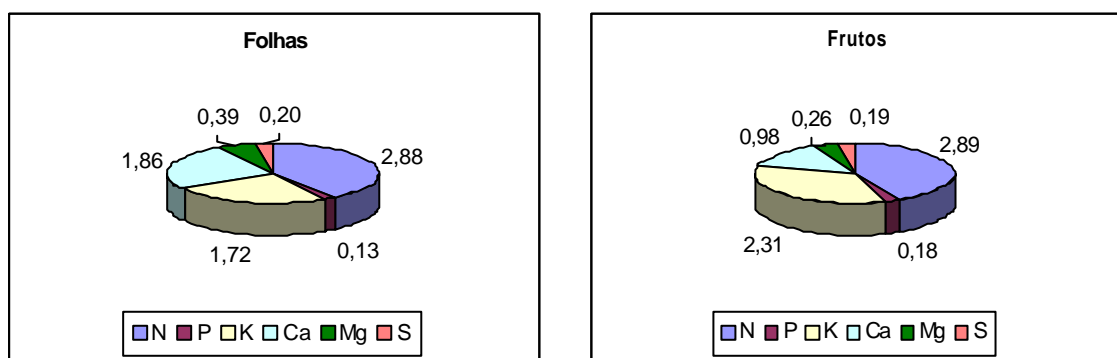


Figura 5 – Teores de macronutrientes (dag/kg) nas folhas e frutos do cafeeiro Conilon Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

De modo geral, as folhas e os frutos mostraram variação pronunciada nos teores, para todos os macronutrientes, ao longo dos 72 meses, enquanto nos ramos, no tronco e nas raízes este comportamento foi menos pronunciado. Resultados semelhantes foram observados por CATANI e MORAES (1958) e CATANI et al. (1965), trabalhando com a espécie *C. arabica* variedade Bourbon Vermelho e Mundo Novo, respectivamente.

3.2. Micronutrientes

Os maiores teores foliares de Fe, Zn e B foram observados em janeiro e os de manganês, em julho. Em relação ao Cu não se observou variação nos teores em relação às épocas amostradas (Figuras 6 e 7). Os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu nas folhas variaram de 203,41 mg/kg de Fe em abril a 294,85 mg/kg de Fe, em janeiro; 11,02 mg/kg de Zn em abril a 14,67 mg/kg de Zn em janeiro; 183,23 mg/kg de Mn em abril a 210,10 mg/kg de Mn em julho; 48,93 mg/kg de B em outubro a 63,27 mg/kg de B em janeiro. CATANI et al (1967), trabalhando com a variedade Mundo Novo (*C. arabica*), até os dez anos de idade, encontraram teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu, nas folhas, variando de 460 a 550 mg/kg de Fe, 15 a 21 mg/kg de Zn, 67 a 97 mg/kg de Mn, 81 a 82 mg/kg de B e 20 a 22 mg/kg de Cu.

Com exceção dos teores de Zn, observados nos meses de abril e julho, os teores foliares de todos os micronutrientes estão próximos dos valores constantes nas normas de referência DRIS, para o Conilon, ajustadas por COSTA e BRAGANÇA (1996). Estes resultados, provavelmente, estão relacionados ao manejo de adubação a que as plantas foram submetidas durante a condução do experimento, haja vista que as doses destes micronutrientes foram fornecidas com o objetivo de proporcionar crescimento e desenvolvimento adequados às plantas.

De acordo com FEITOSA (1996), Marilândia apresenta os meses de janeiro, novembro e dezembro chuvosos, o que favorece o crescimento do cafeeiro. Neste período, os teores foliares são mais altos devido a maior atividade fisiológica da planta caracterizada pela maior absorção de nutrientes minerais.

Os micronutrientes participam de processos-chaves no metabolismo do cafeeiro. O Fe é requerido em várias etapas do processo fotossintético e na biossíntese da clorofila. É componente de sistemas redox, sendo constituinte enzimático das hemoproteínas (citocromos, catalases, peroxidases, leghemoglobina), ferrosulfoproteínas (ferredoxina, izoenzimas superóxido dismutase, aconitase), além de outras enzimas menos caracterizadas como as lipoxigenases e coproporfirinogenio oxidase (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

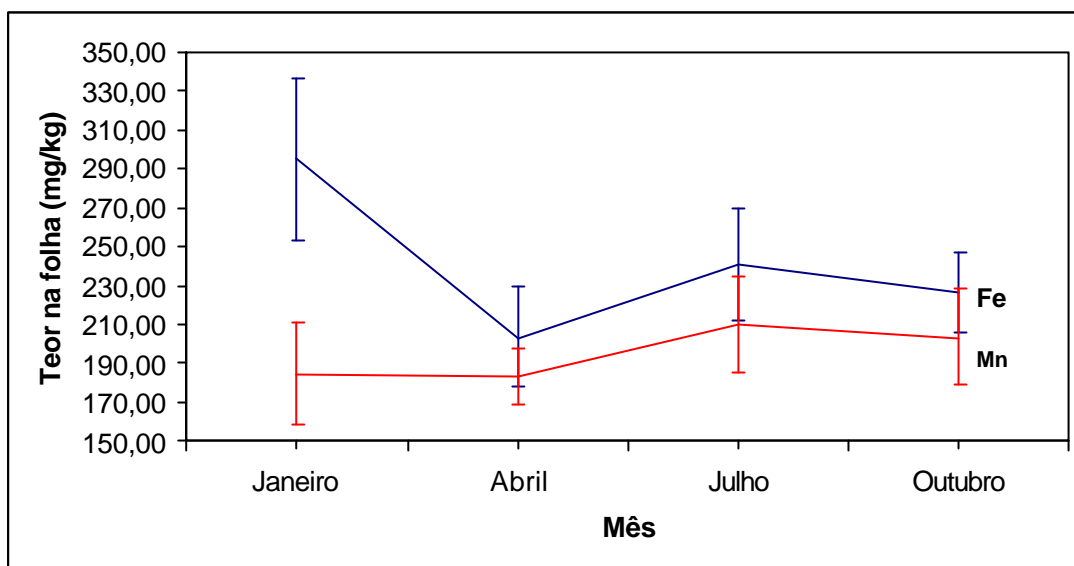


Figura 6 – Variação estacional de Fe e Mn nas folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

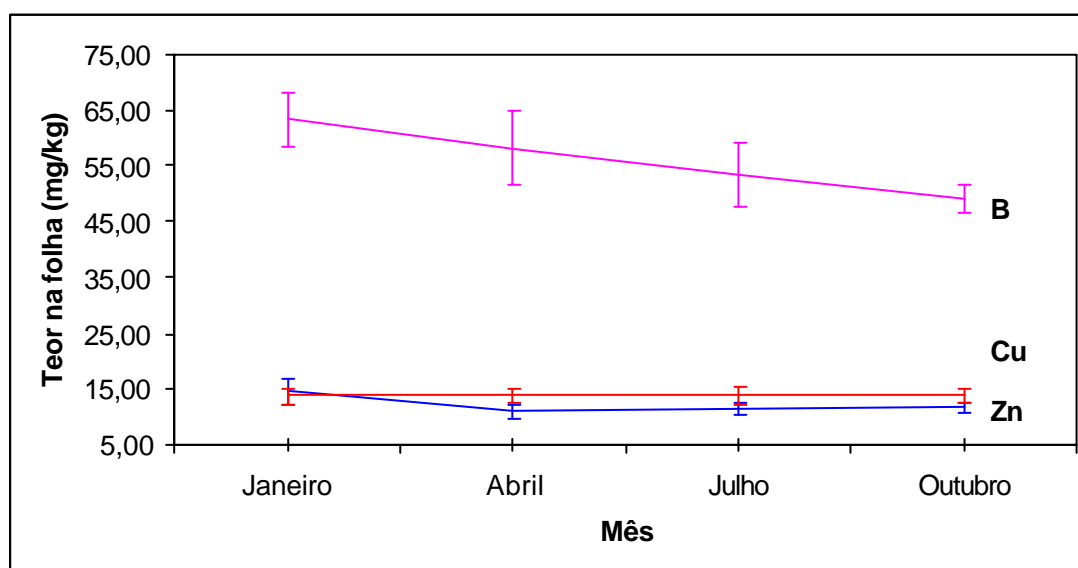


Figura 7 – Variação estacional de B, Cu e Zn nas folhas do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Média de seis anos.

Uma vez que é relativamente imóvel no floema, a clorose internerval típica da deficiência de Fe manifesta-se, inicialmente, nas folhas mais jovens. Segundo WELCH (1995), no xilema, o Fe está predominantemente complexado por ácido cítrico (88 %) e por ácido muginéico (12 %). Nestas formas, o Fe chega aos terminais do xilema foliar, onde sofre fotorredução, sendo, então, absorvido pelas células do mesófilo e incorporado em compostos orgânicos.

O Zn é absorvido na forma divalente e não sofre oxidação ou redução, como ocorre com outros metais de transição. Participa como co-fator estrutural, funcional ou regulatório de várias enzimas, dentre elas a anidrase carbônica, a Cu-Zn-superóxido dismutase, a RNA polimerase e a maioria das desidrogenases. Afeta o metabolismo de carboidratos, controlando a atividade de certas enzimas-chaves deste processo. É essencial para a manutenção da integridade estrutural das membranas e biossíntese do ácido indoleacético (AIA). Sob deficiência de Zn normalmente há uma redução na taxa de alongamento do caule, que se explica pelo seu requerimento para a síntese de auxinas. Por apresentar mobilidade intermediária no floema os sintomas de deficiências apresentam-se inicialmente nas folhas mais novas (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000, TAIZ e ZEIGER, 2002).

O Mn é fundamental para a síntese de clorofila e estrutura lamelar dos tilacóides dos cloroplastos. Participa como co-fator de várias enzimas importantes, incluindo algumas peroxidases e algumas enzimas do metabolismo do C e do N. Como possui baixa mobilidade no floema, sob deficiência de Mn observa-se desorganização das membranas dos tilacóides e clorose internerval nas folhas mais jovens (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

A maior parte do B total está na forma de complexos cis-diol com componentes da parede celular, formando ligações cruzadas do tipo borato-éster entre os constituintes da parede celular, conferindo-lhe estabilidade e estrutura. Além disso, o B participa do crescimento celular, metabolismo de fenóis e biossíntese de componentes da parede celular, metabolismo de ácidos nucléicos, carboidratos e AIA. Sua distribuição nas plantas é governada primariamente pela corrente transpiratória, sendo considerado um nutriente de mobilidade intermediária no floema razão pela qual os sintomas de deficiência

se apresentam primeiramente nas folhas mais novas (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

À semelhança do Fe, o Cu pode participar de reações redox na planta além de ser constituinte de vários tipos de proteínas como a plastocianina, citocromo oxidase, ascorbato oxidase, oxidases de fenóis amino oxidases, superóxido dismutase. Tem importante papel no metabolismo de carboidratos, lignificação da parede celular, biossíntese de substâncias envolvidas em processos de resistência das plantas a certas doenças, nodulação e fixação simbiótica do N. Como apresenta mobilidade intermediária no floema, os sintomas de deficiência de Cu manifestam-se, inicialmente, nas folhas mais novas (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2002).

Nos ramos ortotrópicos do cafeeiro Conilon os teores dos micronutrientes analisados variaram de 71,78 mg/kg de Fe, em abril, a 118,74 mg/kg de Fe, em janeiro; 6,81 mg/kg de Zn, em julho, a 15,16 mg/kg de Zn, em janeiro; 29,43 mg/kg de Mn, em outubro, a 43,71 mg/kg de Mn em abril; 11,47 mg/kg de B, em julho, a 12,67 mg/kg de B, em janeiro; 8,59 mg/kg de Cu, em outubro, a 11,91 mg/kg de Cu, em julho. Nos ramos plagiotrópicos, os teores variaram de 80,74 mg/kg de Fe, em abril, a 151,88 mg/kg de Fe, em janeiro; 23,22 mg/kg de Zn, em abril, a 34,39 mg/kg de Zn, em janeiro; 124,76 mg/kg de Mn, em abril, a 149,65 mg/kg de Mn em julho; 18,72 mg/kg de B, em janeiro, a 21,11 mg/kg de B, em julho; 14,89 mg/kg de Cu, em abril, a 18,44 mg/kg de Cu, em outubro. Nas raízes, os teores variaram de 1.135,63 mg/kg de Fe, em outubro, a 1.378,22 mg/kg de Fe, em janeiro; 53,88 mg/kg de Zn, em julho, a 65,02 mg/kg de Zn, em janeiro; 42,79 mg/kg de Mn, em outubro, a 60,24 mg/kg de Mn em abril; 21,19 mg/kg de B, em outubro, a 26,57 mg/kg de B, em abril; 10,92 mg/kg de Cu, em outubro, a 16,13 mg/kg de Cu, em abril. Nos frutos, os teores variaram de 100,49 mg/kg de Fe, em janeiro, a 608,64 mg/kg de Fe, em outubro; 6,19 mg/kg de Zn, em abril, a 21,41 mg/kg de Zn, em outubro; 45,15 mg/kg de Mn, em abril, a 122,73 mg/kg de Mn em outubro; 24,20 mg/kg de B, em janeiro, a 28,76 mg/kg de B, em abril; 24,20 mg/kg de Cu, em janeiro, a 39,36 mg/kg de Cu, em outubro.

Considerando a distribuição percentual dos micronutrientes entre os diversos órgãos analisados (Figura 8), verifica-se que a partição de Fe foi maior em raízes (72 %) seguidas do tronco + ramos ortotrópicos (9 %), das folhas

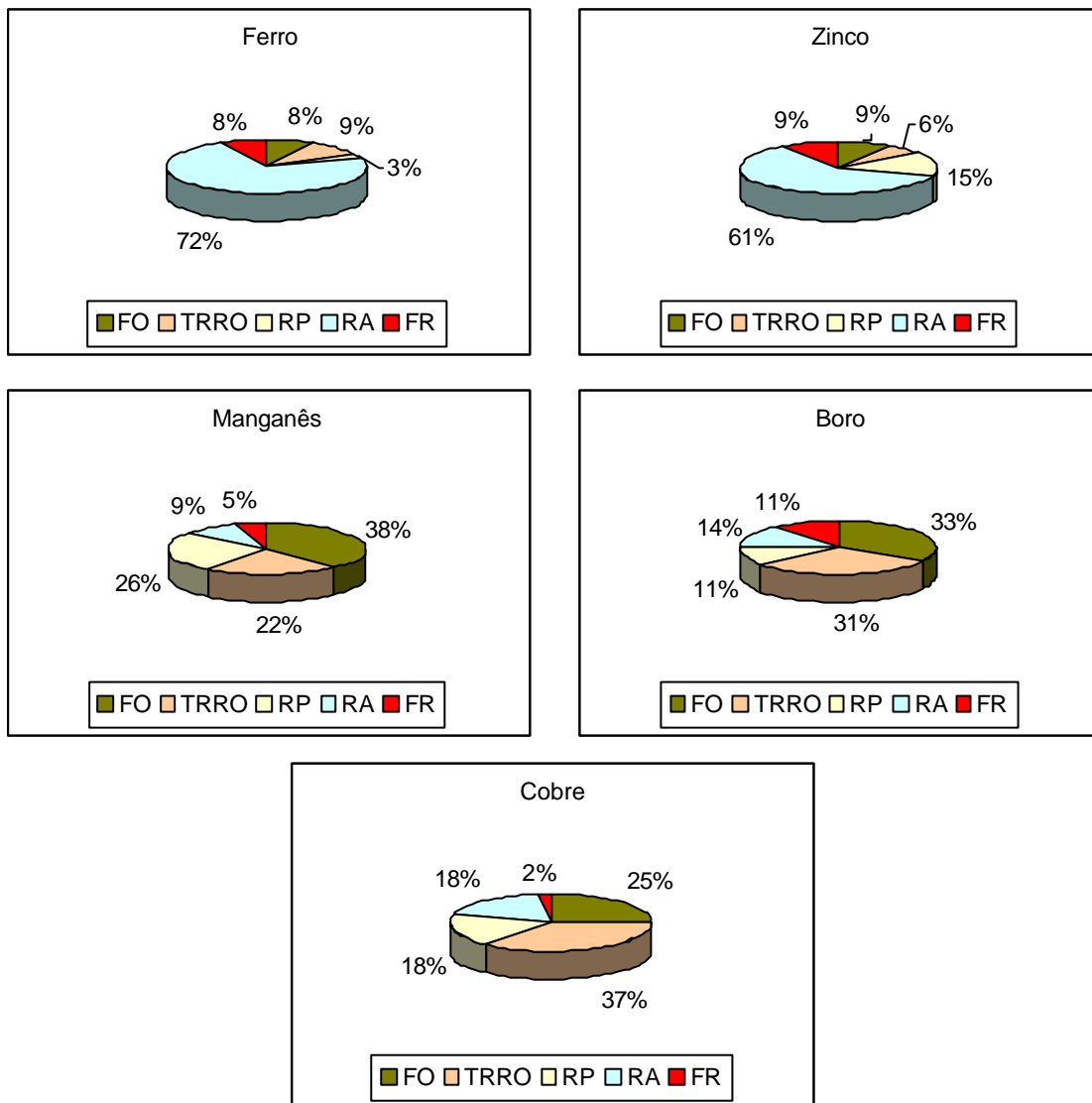


Figura 8 – Partição de micronutrientes entre folhas (FO), Ramos ortotrópicos (RO), Ramos plagiotrópicos (RP), raízes (RA) e frutos (FR) do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), aos 72 meses de idade.

(8 %) e frutos (8 %) e dos ramos plagiotrópicos (3 %). De forma semelhante, a maior partição de Zn foi em raízes (61 %) seguidas dos ramos plagiotrópicos (15 %), folhas (9 %) e frutos (9 %) e do tronco + ramos ortotrópicos (6 %). Entretanto, deve-se considerar que a elevada proporção de Fe e Zn observadas nas raízes não reflete, provavelmente, necessidade fisiológica do cafeeiro Conilon, mas, sim, à deposição destes elementos no apoplasto das células radiculares. Para o Mn, esta distribuição foi de 38 % para folhas, 26 % para ramos plagiotrópicos, 22 % para o tronco + ramos ortotrópicos, 9% para

as raízes e 5 % para os frutos. A maior partição de B foi observada nas folhas (33 %), seguidas tronco + ramos ortotrópicos (31 %), das raízes (14 %), dos frutos (11 %), e dos ramos plagiotrópicos (11%). Em relação ao Cu verificou-se que 37 % deste micronutriente foram alocados para o tronco + ramos ortotrópicos, 25% para as folhas, 18% para os ramos plagiotrópicos, 18 % para raízes e 2 % para os frutos.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de determinar a flutuação estacional dos teores de nutrientes e sua distribuição nos diferentes órgãos do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre), foi instalado um experimento na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), no município de Marilândia-ES. O plantio foi realizado em outubro de 1995 e experimento conduzido até o sexto ano de idade. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplântio. As amostragens foram realizadas nos meses de outubro, janeiro, abril e julho. Os blocos foram dispostos em uma área com 1.500 plantas no sentido perpendicular à área do experimento e cada parcela constituída por única planta. Em cada bloco foram conduzidas 100 plantas úteis, no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Uma planta por época de amostragem, em três repetições, foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio. Nas avaliações utilizou-se o clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8111. As plantas úteis foram circundadas pelos outros clones da mesma variedade, que constituíram a bordadura. As adubações e os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas existentes para a

cultura, no estado do Espírito Santo. As três plantas amostradas em cada época foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Após o preparo das partes recém-coletadas determinaram-se o peso da matéria seca e os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu. Calculou-se a seguir, o conteúdo de macro em micronutrientes em diferentes órgãos e na planta toda. A partição dos nutrientes entre os órgãos da planta foi calculada como porcentagem do conteúdo total alocada em cada órgão. Em seguida, utilizando-se os teores e os conteúdos médios dos nutrientes obtidos em cada órgão da planta, nos meses de outubro, janeiro, abril e julho, procedeu-se a análise descritiva dos dados.

Concluiu-se que:

1. O estudo da flutuação estacional dos nutrientes em café conilon mostrou haver maior variabilidade para os micronutrientes que para os macronutrientes.

2. Para os macronutrientes os teores foliares variaram pouco nas diferentes estações, sendo observadas concentrações mais baixas no período frio e seco do ano, abril para o Mg e julho para N, P, K, S e P. Para o Ca, dado às suas funções estruturais, houve aumento contínuo dos teores foliares ao longo do tempo.

3. De modo geral, os menores teores foliares de micronutrientes foram observados em abril, à exceção do B, cujos teores reduziram-se de janeiro a outubro e do Cu, cujos teores se mantiveram-se praticamente constantes ao longo do ano.

4. De modo geral, folhas e frutos alocaram as maiores proporções de nutrientes. O valor médio da relação Ca/Mg foi de, aproximadamente, 4,77 nas folhas e 3,77 nos frutos. Quanto às relações K/Ca e K/Mg houve aumento sensível do seu valor nos frutos (2,36 e 8,88), em relação às folhas (0,92 e 4,41), respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, P.T. Physiology of growth and flowering in Coffee. **Café Turrialba**, v. 2, p. 57- 62, 1960.

ARZOLLA, S.; GOMES, L.; SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. X. “Extração de macronutrientes na colheita pelas variedades “Mundo Novo”, “Caturra” e “Bourbon amarelo”. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v.20, p. 41-52, 1963.

BARTELINK, H.H. A model of dry matter partitioning in trees. **Tree Physiology**, v. 18, p. 91-101, 1998.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Periodicidade de crescimento em café. **Revista Ceres**, v. 19, n. 106, p.424-448, 1972.

BENICASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (Noções básicas)**. Jaboticabal-SP: FCAV-UNESP, 1988. 41p.

BONNET, J.A. Influence of varieties and seasons upon the mineral nutrient levels of Coffee leaves from Puerto Rico. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.53, n.3, p.177-186, 1969.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; DESSAUNE FILHO, N.; VENEGAS, V.H.A.; LANI, J.A.; FONSECA, A.F.A.; SILVEIRA, J.S.M. Nutrição e adubação do café *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em Latossolo Amarelo coeso. I. Nitrogênio-fósforo-potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21, Caxambú-MG, 1995a. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1995a. p.111-113.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; DESSAUNE FILHO, N.; VENEGAS, V.H.A.; LANI, J.A.; FONSECA, A.F.A.; SILVEIRA, J.S.M. Nutrição e Adubação do café *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em Latossolo Amarelo coeso. II. Zinco-Boro-palha de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 21, Caxambú-MG, 1995b. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1995b. p.110-111.

BRAGANÇA, S.M.; LANI, J.A.; DeMUNER, L.H. **Café Conilon**: Adubação e calagem. Vitória, ES: INCAPER, 2001. 31p. (Circular Técnica, 01).

BRAGANÇA, S. M.; VENEGAS, V.H.A.; CARVALHO, C.H.S. ; LANI, J.A. Avaliação Nutricional do café conilon (*Coffea canephora*) através da análise foliar na região norte do estado do Espírito Santo – MANGANÊS – In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS , 15, Maringá-PR, 1989. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC/Gerca, 1989. p.112-114.

BUCHANAN, B.B., GRUISSSEN, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists. 2000. 1367 p.

CANNELL, M.G.R.; KIMEU. B.S. Uptake and distribution of macronutrient in trees of *Coffea Arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. **Annals of applied Biology**, Cambridge, v.68, n.2, p.213-230, 1971.

CARVAJAL, J. F.; ACEVEDO, A.; LÓPEZ, C. A. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. **Turrialba**, v.19, n.1, p. 13-20. 1969.

CARVAJAL, J. F. **Cafeto**: Cultivo y fertilización. 2. ed. Instituto Internacional de la Potassa. Berna/Suiza. 1984. 254 p.

CASTRO-DÍEZ, P.; PUYRAVAUD, J. P.; CORNELISSEN, J. H. C. Stem anatomy and relative growth rate in seedlings of a wide range of woody plant species and types. **Oecologia**, v. 116, p. 57-66, 1998.

CATANI, R. A.; MORAES, F. R. A. P. Composição química do cafeeiro. **Revista de Agricultura**, v. 33, n.1, p. 45-52, 1958.

CATANI, R. A.; PELEGRINO, D.; BERGAMIM FILHO, N.; DA FLORIAN, N. A.; GRANER, C.A.F. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro (*Coffea arabica*) variedade Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy aos dez anos de idade. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Piracicaba, v. 22, p. 81-93, 1965.

CATANI, R. A.; PELEGRINO, D.; BITTENCOURT, V. C.; JACINTO, A.O. GRANER, C. A. F. A concentração e quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro (*Coffea arabica*) variedade Mundo Novo (B. Rodr.)

Choussy aos dez anos de idade. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Piracicaba, v. 24, p. 97-106, 1967.

CAVALLINI, J. A. e CARVAJAL J. F. Mineral nutrition and nitrate reductase activity in coffee trees affected by mineral deficiency. **Turrialba**, v.28, n.1, p.61-66, 1978.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. (Eds.). **Coffee** - botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Croom Helm, 1985. Cap. 2, p.13-47.

CHAVES, J. C. D.; SARRUGE, J. R. Alterações nas concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro durante um ciclo produtivo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 9, n. 4, p. 427-32, 1984.

CIETTO, S.; HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Acumulação de matéria seca e absorção de N, P e K pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase cerrado. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v.48, p.245-68, 1991a.

CIETTO, S.; HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Absorção de Ca, Mg e S pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase cerrado. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 48, p. 223-44, 1991b.

CIETTO, S.; HAAG, H. P. Nutrição Mineral do cafeeiro III. Recrutamento de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro (*Coffea arábica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação, vegetando em um Latossolo Amarelo, fase cerrado. **Anais...** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 46 (parte 2): p. 403-431, 1989.

CORREA, J. B.; GARCIA, A. W. R.; COSTA, P. C. de. Extração de nutrientes pelo cafeeiro Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, Caxambú/MG, 1985. **Resumos...** Rio de Janeiro. IBC, 1985. p. 23-26.

COSTA, A. N. da; BRAGANÇA, S. M. Normas de referência para o uso do DRIS na avaliação do Estado Nutricional do café Conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, Águas de Lindóia/SP, 1996. **Resumos...** Rio de Janeiro. MAA/PROCAFÉ/EMBRAPA, 1996. p. 103-4.

DRAPPER, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**, 2. ed., New York: J. Wiley, 1980, 709p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas**: Princípios e perspectivas. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975. 341 p.

ERICSSON, T.; RYTTER, L.; VAPAAVUORI, E. Physiology of carbon allocation in trees. **Biomass and Bioenergy**, v.11, n.2/3, p. 115-127, 1996.

EUCLYDES, R.F. Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0). FUNARBE, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, 2004.

FAYAD, J.A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

FEITOSA, L. R. **Carta agroclimática do Espírito Santo**. Vitória, ES: EMCAPA, 1996. (Mapa).

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do Estado Nutricional das Plantas**. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 2001. 122p.

HAAG, P. H.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Culturas Estimulantes. In: FERREIRA, M. E.; DA CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba/SP, Potafós, 1991. Cap. 8, p. 501-548.

HEUVELINK, E. Dry matter partitioning in tomato: validation of a dynamic simulation model. **Annals of Botany**, London, v.77, p.71-80, 1996.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

JESCHKE, W. D.; ATKINS, C. A.; PATE, J. S. Ion Circulation via Phloem and Xylem Between Root and Shoot of Nodulated White Lupin. **J. Plant. Physiol.**, v.117, p. 319-330. 1985.

KLEPPER, B. Root-Shoot Relationships. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant Roots – The Hidden Half**. New York: Dekker, 1991, Cap. 13, p. 265-284.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 411p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Ecofisiologia of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. Cap. 9, p. 249-278.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (ED.). **Fisiologia Vegetal**, v.1, São Paulo: Edusp. 1979. Cap.8, p.330-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, SP: Potafós, 1986. p. 165-274.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MENARD, L.N.; MALAVOLTA, E. Absorção e distribuição do fósforo radioativo no cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Caturra, K.M.C.). **Boletim da Superintendência dos serviços do Café**, São Paulo, v.32, n.366, p. 7-14, 1957.

MULLER, L. La aplicación del diagnostico foliar en el Cafeto (*Coffea arabica* L.) para una mejor fertilization. **Turrialba**, v.9, n.4, p.110-122, 1959.

PLANO ESTRATÉGICO DA AGRICULTURA CAPIXABA – PEDEAG. **Estudo Temático - Café**, v.3, Vitória/ES, outubro, 2003, 106p.

RAMIAH, P. H. Indian robustas - a review. **Indian Coffee**, v. 10, p. 3 -13, 1987.

RENA, A. B.; CARVALHO, C. H. S. Causas Abióticas da Seca de Ramos e Morte de Raízes em Café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Produção Integrada de café**. Viçosa: UFV, 2003. Cap. 7, p. 197-222.

SILVA, A. E. de SOUZA; COSTA, E. B.; LOSS, W. R. Impacto da Adoção das variedades clonais “EMCAPA 8111”, “EMCAPA” 8121” e “EMCAPA 8131” , de café Conilon para o Espírito Santo. [Vitória/ES: INCAPER, 1993]. 4 p. (Apostila).

SILVEIRA, J.S.M.; CARVALHO, C.H.S. Deficiência de manganês em café Conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15, Maringá-PR, 1989. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/Gerca, 1989. p.204-205.

SIMPSON, R.J.; LAMBERS, H.; DALLING, M. J. Translocation of nitrogen in a vegetative wheat plant (*Triticum aestivum*). **Physiol. Plantarum**, v.56, p. 11-17, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. 2002. 690 p.

VENKATARAMANAN, D.; VASUDEVA, N.; RAJU, K.I.; RATAGERI, M.C.; GOPAL, N.H. The relative growth and net assimilation rate of certain cultivars of coffee. **J. Coffee Res.**, v.14, n.1, p.6-13, 1983.

WELCH, R. M. Micronutrient Nutrition of Plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.14, n.1, p-49-82, 1995,

WILLSON, C. Mineral nutrition and fertiliser needs. In: CLIFFORD, M. N. e WILLSON, K. C. (Ed.). **Coffee** - Botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Croom Helm, 1985. Cap. 6, p. 135-56.

APÊNDICE

Quadro 1A – Análises de variância da matéria seca total (MSTOTAL), da folha (MSFO), do tronco + ramo ortotrópico (MSTRRO), do ramo plagiotrópico (MSRP), do tronco + total de ramos (MSTRRORP), da raiz (MSRA) e para os conteúdos totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu, do cafeeiro Conilon^{1/}

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		MSTOTAL	MSFO	MSTRRO	MSRP	MSTRRORP	MSRA
Blocos	2	1.309.385,00	9.034,53	232.041,30	73.591,66	489.128,00	221.298,90
Tratamentos	(23)	77.894.330,00**	3348352,00**	20.996.930,00**	1.431.295,00**	32.565.290,00**	3.210.647,00**
Resíduo	46	1.102.737,00	94910,48	306.248,40	37.916,48	471.625,10	93.654,26
C.V (%)		16,82	21,76	21,66	21,35	19,81	22,53

F.V.	GL	Quadrados Médios										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	B	Cu
Blocos	2	205,92	0,82	114,99	899,58	1,41	9,22	613747,00	1.347,82	98.020,36	226,76	301,37
Tratamentos	(23)	28.328,64**	94,1173**	11.267,50**	14.658,37**	523,0978**	811,0561**	11.109.010,00**	28.620,59**	762.921,80**	50.605,84**	19.066,73
Resíduo	46	395,22	1,53	185,28	311,35	11,12	6,69	783.054,20	2.458,08	47.039,18	1213,00	359,3127
C.V (%)		16,50	19,66	18,35	22,88	21,14	19,44	35,15	36,15	35,34	20,09	21,24

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