

BRUNO GALVÊAS LAVIOLA

**DINÂMICA DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS, FLORES E FRUTOS DE
CAFEIRO ARÁBICO EM TRÊS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

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

T

L412d
2004

Laviola, Bruno Galvêas, 1980-

Dinâmica de macronutrientes em folhas, flores e frutos
de cafeeiro arábico em três níveis de adubação / Bruno
Galvêas Laviola. – Viçosa : UFV, 2004.
xii, 100f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Herminia Emilia Prieto Martinez
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 88-93

1. Café - Adubação. 2. Café - Nutrição. 3. Fisiologia
vegetal. 4. Solos - Nutrição. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.7381

BRUNO GALVÊAS LAVIOLA

DINÂMICA DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS, FLORES E FRUTOS DE
CAFEIRO ARÁBICO EM TRÊS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO

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

APROVADA: 17 de agosto de 2004.

Pesq. Ronessa Bartolomeu de
Souza
(Conselheira)

Prof. Victor Hugo Alvarez V.
(Conselheiro)

Dr. José Francisco Teixeira do
Amaral

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão

Prof^a. Herminia Emilia Prieto Martinez
(Orientadora)

Dedico este trabalho à minha avó

Luzia de Maria Carlos Torres

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

À professora Hermínia Emilia Prieto Martinez pela orientação segura, amizade, pelos sábios ensinamentos e pela presença constante em todos os momentos decisivos.

Ao professor Victor Hugo Alvarez V., pelos conselhos e pela orientação em estatística fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À pesquisadora Ronessa Bartolomeu de Souza, pela importante contribuição no desenvolvimento desse trabalho e pelos ensinamentos passados.

Aos meus pais Francisco e Regina, pelo incentivo e pelas lições de vida.

Ao meu irmão Erickson, pela amizade e apoio em todos os momentos.

A Tatiana, pela companhia, pelo apoio na realização deste trabalho e, sobretudo pelo amor.

Ao professor Tocio Sedyama, pelo apoio e amizade durante o curso.

Ao professor José Francisco Teixeira do Amaral, pela grande amizade e incentivo, pelos conselhos e importantes ensinamentos responsáveis pela minha formação.

Ao Professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, pelos sábios ensinamentos e importante contribuição.

Ao professor Eduardo Fontes Araújo, pela amizade e convívio.

A todos os professores que contribuíram para o meu crescimento profissional e humano.

A secretaria do Departamento de Fitotecnia Mara, pela sua atenção e atendimento sempre que necessário.

Aos meus amigos de república Aldo e Flávia, pela amizade e pelo agradável convívio desde a graduação.

Aos grandes amigos Welison, Carlos Eduardo e Paulo César, pelas divertidas conversas de final de tarde.

Aos funcionários Domingos e Itamar, pelo auxílio no laboratório e em especial, ao Dimas, pela amizade e ajuda nas análises dos nutrientes.

Aos funcionários da área experimental, em especial ao Gino.

A Yonara Poltroniere, pela convivência e trabalhos realizados em conjunto.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta e indiretamente para realização desde trabalho.

BIOGRAFIA

BRUNO GALVÊAS LAVIOLA, filho de Francisco Assis Ricardo Laviola e Regina Coeli Torres Galvêas Laviola, nasceu em 28 de junho de 1980, em Muriaé, Estado de Minas Gerais.

Realizou o curso primário na Escola Estadual Santo Agostinho em São Francisco do Glória - MG .

Em 1997, concluiu o curso de Técnico em Contabilidade na Escola Estadual Padre Alfredo Koba, em Miradouro – MG.

Em outubro de 1998 iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, Estado do Espírito Santo, tendo colado grau em maio de 2003.

Em março de 2003 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2004.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1.0. INTRODUÇÃO.....	1
2.0. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.0. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1. Acúmulo de matéria seca, taxa de crescimento relativo do fruto e produtividade.....	12
4.2. Dinâmica de nitrogênio em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	18
4.3. Dinâmica de fósforo em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	30
4.4. Dinâmica de potássio em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	41
4.5. Dinâmica de cálcio em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	53
4.6. Dinâmica de magnésio em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	64
4.7. Dinâmica de enxofre em folhas, flores e frutos de cafeeiro.....	75

6.0. CONCLUSÕES.....	86
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
APÊNDICE.....	94

RESUMO

LAVIOLA, Bruno Galvêas, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **DINÂMICA DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS, FLORES E FRUTOS DE CAFEIEIRO ARÁBICO EM TRÊS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**
Orientadora: Herminia Emilia Prieto Martinez. Conselheiros: Ronessa Bartolomeu de Souza e Victor Hugo Alvarez V..

A produção do cafeeiro depende, dentre outros fatores, do suprimento e da intensidade de absorção dos nutrientes pelas raízes. Conhecer a dinâmica dos nutrientes minerais em folhas, flores e frutos de cafeeiro é uma importante informação para identificar o período de maior exigência nutricional pela planta e desta forma, melhorar a eficiência das práticas de adubações. O objetivo deste trabalho foi acompanhar a dinâmica de N, P, K, Ca, Mg e S em frutos de cafeeiro da antese à maturação e compará-la à dinâmica do elemento em folhas dos ramos produtivos. O experimento foi realizado com três variedades de cafeeiro arábica (Catuaí Vermelho IAC-99, Rubi MG-1192 e Acaiá IAC-474-19) constituindo-se de três ensaios independentes, instalados em blocos ao acaso com duas repetições em um esquema de parcelas subdivididas no tempo. Cada ensaio recebeu adubação diferenciada. O ensaio 1 recebeu 40 % da dose recomendada para o ensaio 2; este recebeu adubação conforme a análise do solo; e o ensaio 3 recebeu 1,4 vez a dose recomendada para o ensaio 2. A partir da antese floral coletaram-se o 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos, flores e frutos em doze amostragens durante a fase reprodutiva. Após as coletas, os materiais vegetais foram submetidos às

análises de N, P, K, Ca, Mg e S. De acordo com as curvas de acúmulo de matéria seca por fruto, as variedades apresentaram 4 estádios de formação do fruto (chumbinho, rápida expansão, crescimento suspenso e granação-maturação). Observaram-se maiores acúmulos de matéria seca, bem como, maiores taxas de crescimento absoluto nos estádios de rápida expansão e granação-maturação. As variedades apresentaram as maiores concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos no estágio de chumbinho. No estágio de rápida expansão os frutos apresentaram redução na concentração dos elementos minerais estudados. Nos estádios de crescimento suspenso e granação-maturação se observou pouca ou nenhuma variação na concentração de macronutrientes nos frutos. No 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos observaram-se decréscimos nas concentrações dos nutrientes N, Ca, Mg, no início do período reprodutivo, sendo atingidos valores mínimos em meados das fases de chumbinho e expansão rápida. Após estes períodos as concentrações iniciais foram recuperadas. A concentração de P nas folhas das variedades estudadas aumentou até meados do período reprodutivo, atingindo a máxima concentração, e decresceu até o final desse período. Ao longo do período de formação dos frutos não se observou um padrão regular nas curvas de variação na concentração de K e S no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos. Pode-se observar que não somente os níveis de adubação testados influenciaram na concentração dos elementos em folhas, flores e frutos das variedades de cafeeiro, mas também outros fatores, como as concentrações foliares no momento da antese e a carga pendente de frutos.

ABSTRACT

LAVIOLA, Bruno Galvêas, M. S., Universidade Federal de Viçosa, august of 2004. **DYNAMICS OF MACRONUTRIENTS IN LEAVES, FLOWERS AND FRUITS OF ARABIC COFFEE (COFFEA ARABICA L.) USING THREE MANURING LEVELS.** Adviser: Herminia Emilia Prieto Martinez. Committe members: e Ronessa Bartolomeu de Souza e Victor Hugo Alvarez V.

The coffee tree production depends of many factors, including the nutrient supply and absorption by their roots. The knowledge of mineral nutrients dynamics in leaves, flowers and fruits of coffee trees is an important information to identify the period of greater nutritional requirement by plant, improving the efficiency of manure techniques. The aim of this work was to follow the dynamics of N, P, K, Ca, Mg and S in fruits of coffee tree from anthesis to maturation and to compare them to element dynamics in leaves of productive branch. The experiment was carried out with three varieties of arabic coffee tree (Catuaí Vermelho IAC-99, Rubi MG-1192 and Acaiá IAC-474-19) distributed in three independents essays, installed in randomized blocks with two repetitions using a scheme of split-plot in time. Each essay received different manure. Essay 1 received 40% of recommended dose to essay 2; this received manure according to soil analyses; and essay 3 received 1,4 times the dose recommended to essay 2. From floral anthesis were collected flowers from 3rd and 4th pairs of productive branches, flowers and fruits in twelve periods during reproductive phase. After collection, vegetable materials were submitted to N, P, K, Ca, Mg and S analyses. According to the fruit dry matter

accumulation, varieties presented 4 stages of fruit formation (first suspended growth, fast expansion, suspended growth and grain formation-maturation). In the stages of fast expansion and grain formation-maturation there were obtained the high values of dry matter accumulation and absolute growth rate. Varieties showed bigger concentrations of N, P, K, Ca, Mg and S in fruits of first suspended growth stage. During fast expansion stage fruits had a reduction in concentration of minerals studied. In suspended growth and grain formation-maturation stages was observed few or no one variation in fruit macronutrients concentration. Third and fourth pairs of productive branches leaves had decreases in N, Ca and Mg concentrations at the beginning of reproductive period. Minimum values of these nutrients were reached in the middle of first suspended growth and fast expansion phases. After these period initial concentrations were recovered. The phosphorus concentration in leaves of studied varieties increased until the middle of reproductive period, reaching maximal concentration and decreasing until the end of this period. During fruit formation it was not verified a regular standard in variation curves of K and S in 3rd and 4th pairs of productive branches leaves. It can be concluded that not only manuring levels tested influenced elements concentration in leaves, flowers and fruits of coffee varieties, but also other factors as concentrations in leaves during anthesis and pending load of fruits.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o principal produtor mundial de Café, tendo produzido na safra de 2003/04, de acordo com a CONAB (2004), 28,8 milhões de sacas beneficiadas, com o Estado de Minas Gerais contribuindo em 41,8 % da produção total. Porém, a produtividade média brasileira ainda é baixa, tendo sido de apenas 13,09 sacas/ha de café beneficiado, considerando que o potencial produtivo das variedades está acima de 40 sacas/ha de café beneficiado. Dentre os principais fatores que contribuem para a produção do cafeeiro destaca-se a nutrição mineral, sendo importante o suprimento e a intensidade de absorção dos nutrientes pelas raízes.

Grande parte dos insumos utilizados na adubação das culturas são importados de outros países, onde o preço em Reais é regulado pelas variações na cotação do Dólar. No entanto, os preços dos produtos agrícolas, geralmente, não acompanham as elevações no custo dos insumos. Devido a essa situação, os produtores acabam reduzindo o suprimento de fertilizantes para tentarem reduzir os custos de produção. A redução no suprimento de fertilizantes, somada à prática de adubações em momentos incorretos, contribui em muitos casos para reduções na produtividade do cafeeiro, além de favorecer deficiências minerais que podem trazer problemas como a morte descendente de ramos e depauperamento generalizado.

Devido ao fato de a cada ano serem lançadas no mercado novas variedades de café com maior capacidade produtiva, assim como a expansão das lavouras cafeeiras para novas fronteiras agrícolas, com solos de variável fertilidade, torna-se necessário uma melhor compreensão da intensidade de absorção, translocação e redistribuição dos nutrientes nas variedades de café.

Essa informação é importante para recomendações mais criteriosas dos nutrientes para as plantas, considerando os momentos de maior exigência nutricional durante o ciclo fenológico do cafeeiro.

As exigências minerais do cafeeiro variam entre variedades, de ano a ano, bem como durante o ano, sendo o período reprodutivo o de maior requerimento nutricional pela planta.

Conhecer a dinâmica dos nutrientes minerais nas variedades de cafeeiro, principalmente, no que se refere às flores e frutos, é uma importante informação para se identificar o período de maior exigência nutricional pela planta e desta forma, melhorar a eficiência das práticas de adubação. Além disso, conhecer as variações nos teores de nutrientes nas folhas e sua mobilização para flores e frutos durante a fase reprodutiva de variedades de cafeeiro em diferentes ambientes é importante para o diagnóstico do status nutricional das plantas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi acompanhar a dinâmica de elementos minerais em frutos de cafeeiro arábico da antese à maturação e compará-la à dinâmica dos elementos em folhas dos ramos produtivos em três níveis de adubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O cafeeiro arábico é uma planta especial que leva dois anos para completar o ciclo fenológico. De acordo com GOUVEIA (1984) no primeiro ano formam-se os ramos vegetativos com gemas axilares nos nós, durante os meses de dias longos. A partir de janeiro, quando os dias começam a encurtar, as gemas vegetativas axilares são induzidas por fotoperiodismo em gemas reprodutivas. O segundo ano fenológico do cafeeiro, de acordo com CAMARGO & CAMARGO (2001) inicia-se com a floração, após um choque hídrico nas gemas florais. Após a fecundação da flor, inicia-se o período de desenvolvimento do fruto, entre os meses de setembro a junho, passando pelos estádios de chumbinho, expansão rápida, granação até a maturação. As fases fenológicas do cafeeiro são rígidas, porém, segundo CAMARGO & CORTEZ (1998), estas podem adiantar ou atrasar em função do clima e da região.

As exigências nutricionais do cafeeiro adulto e a distribuição dos nutrientes dependem principalmente da idade da planta, do crescimento vegetativo e da produção de frutos. De acordo com CORRÊA et al. (1986), a exigência nutricional é crescente a partir dos primeiros 6 meses até 78 meses de idade após o plantio (6,5 anos) apresentando comportamento semelhante à acumulação de matéria seca. Além disso, com a idade, o crescimento do sistema radicular do cafeeiro aumenta a eficiência de recuperação de nutrientes do solo, elevando o aproveitamento dos fertilizantes aplicados (PREZOTTI, 2001).

A demanda por nutrientes pelo cafeeiro ao longo dos anos, segundo MALAVOLTA et al. (2002), não varia em virtude da produção, pois quando a frutificação é baixa, o crescimento de ramos novos e a formação de folhas substituem o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes.

A época de fornecimento dos fertilizantes para o cafeeiro deve coincidir com o período de maior consumo de nutrientes para sustentar o crescimento vegetativo e a frutificação. No entanto, devem ser consideradas também as condições climáticas.

O crescimento vegetativo inicia-se ativamente a partir das primeiras chuvas, em setembro-outubro (primavera) ocorrendo à razão de 1,1 par de folhas ao mês, atingindo o auge no verão, com 1,6 par de folhas ao mês por ramo plagiotrópico. No outono e inverno, com redução das chuvas e da temperatura somado ao efeito nutricional e do fotoperíodo, a planta cresce à razão de apenas 0,5 par de folhas ao mês (MATIELLO et al., 2002).

Paralelamente ao crescimento vegetativo, competindo por água, nutrientes e carboidratos, o cafeeiro inicia em setembro o período reprodutivo com a floração. MALAVOLTA et al. (2002) verificaram quantidades médias estimadas de macronutrientes extraídas pelas flores dos cultivares Mundo Novo e Catuaí Amarelo de, 74,3 kg ha⁻¹ de N, 79,5 kg ha⁻¹ de K, 69,0 kg ha⁻¹ de Ca, e 39,0 kg ha⁻¹ de Mg. Diante desse fato, estes autores sugerem que a adubação do cafeeiro deve iniciar antes do florescimento, pois a absorção de nutrientes começa antes da antese floral. O atendimento dessa demanda nutricional depende da absorção pelas raízes e do transporte no xilema (AMARAL, 1991; DaMATTA et al., 1999; RENA, 2000), o que enfatiza a tese da antecipação da adubação, sempre considerando outros aspectos como o uso e manejo da irrigação suplementar e a umidade no solo (MALAVOLTA et al., 2002).

A principal fonte de carboidratos para os botões florais, os quais apresentam intenso metabolismo num curto período de 7 a 15 dias (BARROS et al., 1978), é a fotossíntese realizada pela superfície foliar e não as reservas contidas nas folhas e ramos (MELOTO, 1987). RENA et al. (1996), sugerem elevado grau de dependência do estado nutricional da planta e da relação funcional entre folha e fruto. A dependência do cafeeiro desta relação funcional deve-se à característica da espécie de não regular a carga de frutos, que em

grande quantidade em relação à área foliar provoca distúrbios fisiológicos como a seca de ponteiros (die back).

MARTINEZ et al. (2001), trabalhando com diagnose nutricional do cafeeiro por meio de análise de flores, evidenciaram que as flores possuem maior sensibilidade em relação às folhas para diagnosticar o estado nutricional do cafeeiro. As seguintes faixas de concentrações foram encontradas como referência: 2,29 a 2,59 dag/kg de N; 0,24 a 0,26 dag/kg de P; 1,79 a 2,63 dag/kg de K; 0,12 a 0,22 dag/kg de Ca; 0,16 a 0,20 dag/kg de Mg; 0,17 a 0,21 dag/kg de S; 13 a 23 mg/kg de B; 8 a 14 mg/kg de Cu; 59 a 89 mg/kg de Fe; 44 a 100 mg/kg de Mn; e 7 a 10 mg/kg de Zn.

Durante a formação do fruto do cafeeiro e nos diversos estádios de desenvolvimento, há variações na concentração e na quantidade dos elementos acumulados, assim como variação na produção de matéria seca. De acordo com MORAES & CATANI (1964) a absorção de nitrogênio, potássio, fósforo e acúmulo de matéria seca são intensificados a partir do quarto mês após a floração, havendo novo incremento na absorção de nitrogênio e potássio e no acúmulo de matéria seca foi observado no sexto e sétimo meses após a antese.

Em um trabalho realizado por CHAVES (1982) foi verificado que as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn, e Zn foram mais elevadas nos frutos nos estádios iniciais de crescimento, enquanto para o S concentrações mais elevadas foram observadas no estágio final de crescimento.

Segundo MATIELLO et al. (2002), 73 % do crescimento vegetativo ocorre de outubro a abril, sendo o consumo de nutrientes para a frutificação também concentrado nesse período (mais de 80 %). Dessa forma, foi sugerido que o fornecimento de nutrientes, pelas adubações, é mais necessário nesta época, ficando as demais épocas com as reservas formadas.

A remobilização de nutrientes minerais é particularmente importante durante o desenvolvimento reprodutivo quando sementes e frutos são formados. A extensão desta remobilização depende de vários fatores, incluindo o requerimento específico dos frutos para um dado nutriente mineral, o status nutricional das partes vegetativas, a razão entre a massa vegetativa (tamanho da fonte) e a quantidade de frutos (tamanho do dreno) e da taxa de absorção

dos nutrientes pelas raízes durante o estágio reprodutivo (MARSCHNER, 1995).

CHAVES (1982) observou redistribuição de nutrientes em cafeeiro tanto de folhas de ramos com frutos quanto de folhas de ramos sem frutos. A redistribuição de N, P, K e Mn foram mais acentuadas na época de maior desenvolvimento do fruto e para o N e P, ocorreu com maior intensidade nas folhas de ramos com frutos.

O maior acúmulo de NPK nos frutos do cafeeiro ocorre na fase de cereja, onde são drenados para os frutos 49, 36 e 40 % do total de NPK absorvidos, enquanto que na florada são drenados 8, 9 e 6 % do total dos respectivos nutrientes absorvidos. Nas fases chumbinho e verde aquoso/sólido são drenados 13, 17 e 22 % e 30, 38 e 32 % de NPK para os frutos do total absorvido (MATIELLO et al., 1987). CHAVES (1982) observou que o acúmulo máximo de nutrientes pelos frutos do cafeeiro da variedade Catuaí ocorreu entre 210 a 252 dias após a antese, com exceção do Zn cujo acúmulo máximo ocorreu aos 126 dias, após o início do aparecimento do chumbinho. A extração de nutrientes pelos frutos obedeceu, segundo este autor, a seguinte ordem: potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, manganês, boro, cobre e zinco.

As menções na literatura de teores foliares de nutrientes para diagnóstico do status nutricional referem-se somente aos estádios da fase reprodutiva de chumbinho e expansão rápida, prejudicando as comparações em outras fases do ciclo fenológico do cafeeiro.

Conhecer os teores foliares de nutrientes nas folhas do cafeeiro ao longo do período reprodutivo pode ser uma importante referência no diagnóstico nutricional da planta nos diversos estádios do período reprodutivo. De acordo com CHAVES (1982) a avaliação do estado nutricional do cafeeiro para os nutrientes N, P, B, e Zn deve ser feita utilizando as folhas de ramos com frutos, sendo que para os nutrientes K, Mg, S, Cu, e Mn pode ser feita utilizando-se tanto folhas de ramos com frutos como folhas de ramos sem frutos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de agosto de 2001 a abril de 2002 em Área Experimental da Agronomia, localizada no Campus Universitário, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, com altitude de 651 m, latitude sul 20°45' e longitude oeste 42°51', em talhão de café plantado no dia 20/10/1998. O talhão utilizado consta de três ensaios correspondentes a três níveis de adubação e correção da acidez do solo, baixo adequado e alto, desde o momento da implantação. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, cujas características químicas de podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas dos solos da área experimental nos três níveis de adubação.

Nível Adubação	Prof. (cm)	pH H ₂ O	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	
			-----mg/dm ³ -----	-----cmol _c /dm ³ -----								%
Baixo	0-20	6,0	4,1	82	2,1	0,6	0,0	3,0	2,91	5,91	49	
	20-40	5,8	1,0	37	1,4	0,4	0,0	2,3	1,89	4,19	45	
Adequado	0-20	5,9	6,6	80	2,4	0,7	0,0	4,0	3,30	7,30	45	
	20-40	5,5	1,2	50	1,7	0,4	0,1	3,3	2,23	5,53	40	
Alto	0-20	5,6	5,0	78	2,3	0,9	0,0	4,9	3,40	8,30	41	
	20-40	5,2	1,3	36	1,4	0,4	0,3	4,3	1,89	6,19	31	

SB = Soma de bases trocáveis

V = Porcentagem de saturação por bases

pH em H₂O = relação 1:2,5

CTC = Capacidade de troca de cátions

P, K = Extrator Mehlich 1

Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ = KCl 1 mol/l

H + AL = Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/l, pH = 7

Em cada ensaio, foram utilizadas três variedades de cafeeiro arábica, Catuaí Vermelho IAC-99, Rubi MG-1192 e Acaiá IAC-474-19, cujas características estão resumidas no Quadro 2. As variedades foram plantados em blocos ao acaso no espaçamento de 2,0 x 1,0 m.

As plantas submetidas ao nível adequado de adubação receberam N, P e K com base na marcha de acúmulo, considerando-se a média de nutrientes acumulados para as cultivares Mundo Novo e Catuaí, conforme MALAVOLTA (s.d.). Considerou-se ainda uma eficiência de recuperação de 90% para o N, 80% para o K e 70% para o P. O Ca e Mg foram fornecidos via calcário dolomítico com base em análises de solo, considerando-se 60% de saturação em bases como ideal para o cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1999). O enxofre foi fornecido como elemento acompanhante de fertilizantes nitrogenados e fosfatados.

No ano agrícola de 2001/2002, o solo apresentava as características relacionadas no Quadro 2, sendo que nos níveis baixo e alto de adubação, as plantas receberam, respectivamente, 0,4 e 1,4 vez a recomendação feita para o nível adequado. A aplicação de corretivos e fertilizantes para o ensaio com nível adequado de adubação constou do seguinte: a) Calagem: 330 kg/ha de calcário dolomítico considerando-se uma profundidade de incorporação de 5 cm; b) Macronutrientes: 78,5 g/planta de superfosfato simples aplicado no início do período chuvoso e 527,5 g/planta de sulfato de amônio e 107,2 g/planta de cloreto de potássio divididos em aplicações semanais realizadas de novembro a março ao solo de forma localizada pela utilização de fertirrigação por gotejamento, com o suporte do “software” SISDA_{café} (MANTOVANI e COSTA, 1998); c) Micronutrientes: Zn, B e Cu foram supridos por meio de três aplicações foliares anuais (dez., jan. e fev.), utilizando-se sulfato de zinco, ácido bórico, oxicloreto de cobre e cloreto de potássio (como adjuvante), na concentração de 4 g/L de cada adubo.

Quadro 2 - Principais características das variedades de café arábica utilizadas no experimento

Cultivar	Origem	Resistência à ferrugem	Cor do fruto	Qualidade da bebida	Diâmetro da copa (m)	Altura da planta (m)
Acaia IAC-474-19	Sumatra x Bourbon Vermelho	Suscetível	Vermelha	Ótima	1,6 a 2,0	4,1 a 4,4
Rubi MG-1192	Retrocruzamentos de Catuai com Mundo Novo	Suscetível	Vermelha	Ótima	± 1,8	± 2,0
Catuai Vermelho IAC-99	Caturra Amarelo x Mundo Novo	Suscetível	Vermelha	Ótima	1,7 a 2,1	2,0 a 2,4

(Amaral, 2002)

O delineamento experimental empregado em cada ensaio foi em blocos casualizados distribuídos em um esquema de parcelas subdividas no tempo, sendo três variedades de café e 12 períodos de amostragem, com duas repetições. Cada parcela foi constituída de 25 plantas dispostas em cinco fileiras, ocupando uma área de 50 m². Consideraram-se como parcela útil as nove plantas dispostas no centro das três fileiras centrais da parcela.

As amostragens iniciaram-se em 4 de setembro de 2001, quando houve antese floral, ocasião em que se coletaram folhas e flores sendo este considerado como dia zero. A partir desta data efetuaram-se coletas periódicas de folhas e frutos durante o desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro nos seguintes períodos: aos 28, 42, 63, 84, 105, 133, 154, 175, 196, 210 e 224 dia após a antese. Os frutos foram colhidos aleatoriamente na parcela, de ramos pertencentes ao terço médio da planta e as folhas foram correspondentes ao 3º e 4º pares, na posição distal, de ramos com frutos, também situados no terço médio da planta. A última amostragem foi realizada quando os frutos atingiram o ponto de maturação, ou seja, o estágio cereja, no dia 9 de maio de 2002.

O material vegetal coletado foi lavado em água desionizada e posto a secar em estufa de circulação de ar forçado a 70 °C até atingir peso constante conforme descrito por JONES JUNIOR et. al (1991). Após este processo, os materiais vegetais foram pesados em balança de precisão, moídos em moinho tipo Wiley, de aço inoxidável, passados em peneira de malha de 0,841 mm e acondicionados em embalagens de papel devidamente identificadas para realização das análises químicas.

Foram determinados os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas, flores e frutos das variedades empregadas. Para determinação dos teores de N, o material vegetal, seco e moído, foi submetido a digestão sulfúrica (JACKSON, 1958), bem como a extração com água, em banho-maria a 45 °C, durante 1 hora, para análise do nitrato. As amostras digeridas, oriundas da digestão sulfúrica, foram utilizadas para as análises dos teores de N amoniacal. Para determinação dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S efetuou a digestão nitricoperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959).

O nitrato foi determinado por colorimetria (CATALDO et al., 1975), o N amoniacal pelo método colorimétrico de Nessler (JACKSON, 1958), o P por redução do fosfomolibdato pela vitamina C, conforme descrito por BRAGA e DEFELIPO (1974), o K por fotometria de chama, enquanto que o Ca, o Mg foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (ASSOCIATION – AOAC, 1975) e o S foi avaliado por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Posteriormente efetuaram-se as análises de regressão selecionando-se os modelos que mais explicaram fisiologicamente a variação dos teores de macronutrientes em folhas e frutos em função do tempo decorrido após a antese. Para explicar a variação de macronutrientes nos frutos das variedades optou-se por um modelo descontínuo com duas equações de regressão.

Na seleção dos modelos testaram-se os coeficientes das equações de regressão ajustadas com base no quadrado médio do resíduo da análise de variância até o nível de 10% de significância. Na escolha do modelo, também se considerou o coeficiente de determinação (R^2), optando-se pelo maior quando dois ou mais modelos foram significativos e explicavam o fenômeno.

A taxa de crescimento absoluto do fruto foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$TCA = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)$$

Em que:

TCA: Taxa de Crescimento Absoluto

P2 e P1: Massa de matéria seca nos tempos t_2 e t_1 , respectivamente.

Calcularam-se a taxa de crescimento absoluto para os estádios de granação, rápida expansão, crescimento suspenso e granação-maturação dos frutos. Os cálculos foram realizados com base nos valores de acúmulo de matéria seca por fruto obtido no início e no final de cada estágio reprodutivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Acúmulo de matéria seca, taxa de crescimento absoluto do fruto e produtividade

Durante a fase reprodutiva do cafeeiro, de acordo com CAMARGO & CAMARGO, (2001), o fruto passa por quatro estádios de desenvolvimento. Os estádios possuem características fisiológicas próprias que são importantes para completar a formação do fruto e da semente do café. O primeiro estádio, que ocorre após a florada, denominado de chumbinho, se caracteriza por intensa divisão celular e ausência de crescimento expressivo no tamanho do fruto. No segundo estádio, denominado de rápida expansão, a divisão celular é menos intensa, ocorrendo expansão celular e o fruto no final deste estádio atinge metade do tamanho máximo. No estádio de granação, os eventos fisiológicos mais importantes estão relacionados ao endurecimento do endosperma das sementes. Na quarta e última fase, estádio de maturação, as mudanças mais importantes são visíveis e estão relacionadas à mudança da cor da casca do fruto, o qual passa de verde a amarelo ou vermelho, de acordo com a variedade. RENA et al. (2001) cita ainda um outro estádio que ocorre entre os estádios rápida expansão e granação que se denomina de crescimento suspenso. Este estádio se caracteriza por uma duração de aproximadamente duas semanas quando o tamanho final do fruto é atingido, mas com baixo teor de matéria seca.

Nas condições do experimento em Viçosa, o período reprodutivo apresentou extensão de 32 semanas (224 dias) (Fig. 1, 2 e 3). Com base na curva de acúmulo de matéria seca por fruto das variedades, podem-se verificar quatro estádios distintos durante a formação dos frutos.

O primeiro estágio apresentou duração de 42 dias, havendo pequeno acúmulo de matéria seca, sendo este estágio denominado de chumbinho.

O segundo estágio iniciou-se com rápido aumento no conteúdo de matéria seca nos frutos tendo duração entre 42 até 105 dias após a antese (63 dias). Este estágio é conhecido como estágio de rápida expansão, no qual se observa um rápido aumento do tamanho dos frutos movido mais efetivamente por expansão celular. O aumento do acúmulo de matéria seca ocorre, principalmente, por deposição de substâncias de parede celular como celulose, hemiceluloses e pectinas.

Após este segundo estágio, observou um terceiro com duração dos 105 até 133 dias após a antese (28 dias). Neste estágio ocorreu paralisação no acúmulo de matéria seca por fruto, havendo até um leve declínio. Alguns autores denominam este estágio como de crescimento suspenso.

Por fim, observou-se um quarto estágio de desenvolvimento dos frutos com duração dos 133 até os 224 dias após a antese (91 dias). Neste estágio estão incluídas as últimas fases de formação dos frutos: granação e maturação. Neste estágio, o acúmulo de matéria seca pelos frutos ocorre, principalmente, por deposição de matérias de reservas. Em função do acúmulo de matéria seca ter ocorrido até os 224 dias após a antese, não foi possível a separação destas fases, havendo sobreposição entre elas. Tais resultados diferem dos encontrados por CHAVES (1982), o qual verificou acúmulo de matéria seca no fruto de cafeeiro da variedade Catuaí até os 217 dias após o aparecimento do chumbinho, permanecendo quase constante até os 252 dias, momento em que se efetuou a última amostragem. No entanto, o trabalho de CHAVES (1982) foi realizado em Londrina-PR com características climáticas diferenciadas de Viçosa, e com a fase reprodutiva mais longa. De acordo com CAMARGO et al. (1998), em locais de clima frio e altitudes elevadas os estágios de desenvolvimento do fruto se estendem mais, atrasando a maturação e colheita dos frutos. A duração do ciclo do cafeeiro pode ser variável entre variedades e linhagens, de região para região, bem como, na mesma região, dependendo das condições climáticas ocorridas durante a fase reprodutiva em determinado ano. CAMARGO e CORTEZ, (2001) verificaram que variações na época de florada em cafeeiro Mundo Novo em Campinas-SP

entre o 2º decêndio de agosto ao 3º decêndio de outubro ao longo de 9 anos, o que influenciou diretamente na extensão do período reprodutivo.

Para melhor compreensão dos resultados, as fases fenológicas de desenvolvimento dos frutos estão delimitadas com barras verticais nos gráficos de acúmulo de matéria seca pelos frutos, assim como, nos gráficos da variação de concentração de macronutrientes nos frutos e folhas das variedades.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) é uma medida para a avaliação do crescimento vegetal diário em um determinado período de tempo. Sendo assim, a TCA pode ser uma importante informação para se estudar as taxas de crescimento do fruto do cafeeiro ao longo de cada um dos estádios de desenvolvimento.

As taxas médias de crescimento absoluto (Quadro 3) apresentaram maiores valores no estágio de rápida expansão e granação-maturação dos frutos. As menores taxas de crescimento absoluto foram observadas na fase de crescimento suspenso sendo negativas, com exceção somente para a variedade Acaiá no nível adequado de adubação. Na fase de chumbinho o acúmulo de matéria seca ocorreu lentamente com valores menores que 0,300 mg/dia.

Observou-se que as maiores TCA dos frutos das variedades na fase de chumbinho ocorreram no nível alto de adubação, sendo o crescimento dos frutos influenciado pelo fornecimento de nutrientes no solo. Porém, nas outras fases o mesmo nem sempre ocorreu, sendo que as TCAs não foram influenciadas somente pelo maior nível de macronutrientes no solo.

A produtividade média das variedades estudadas (Quadro 4) no ano agrícola de 2000/2001 foi maior no nível alto de adubação e menor no nível baixo de adubação. No ano agrícola de 2001/2002 as variedades Acaiá e Catuaí apresentaram a mesma tendência em relação ao ano agrícola anterior. A variedade Rubi apresentou a maior produtividade no nível adequado de adubação, sendo superior ao nível alto de adubação em apenas 1,55 sacas/ha de café beneficiado. De modo geral, os resultados mostraram que o maior nível de adubação proporcionou maior produção das variedades testadas nas duas primeiras safras.

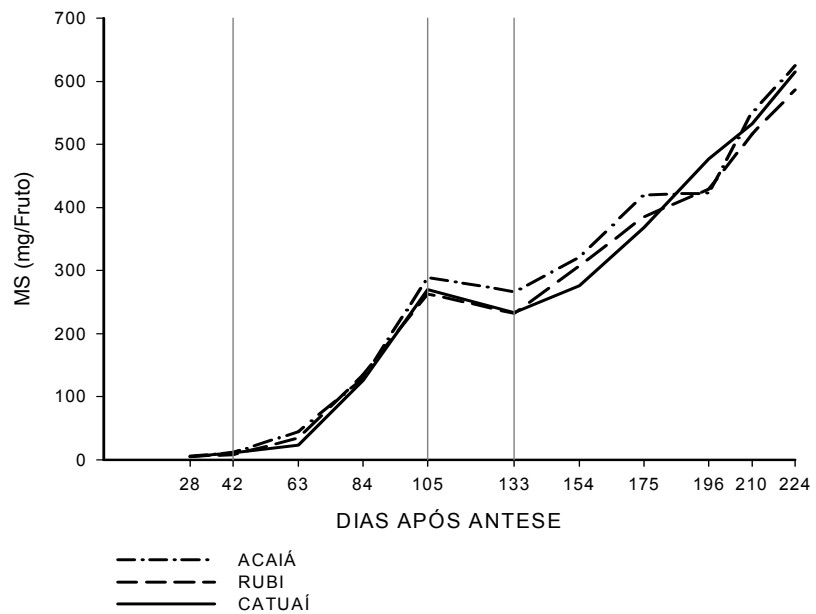


Figura 1 – Acúmulo médio de matéria seca por fruto de três variedades de cafeeiro arábico no nível baixo de adubação.

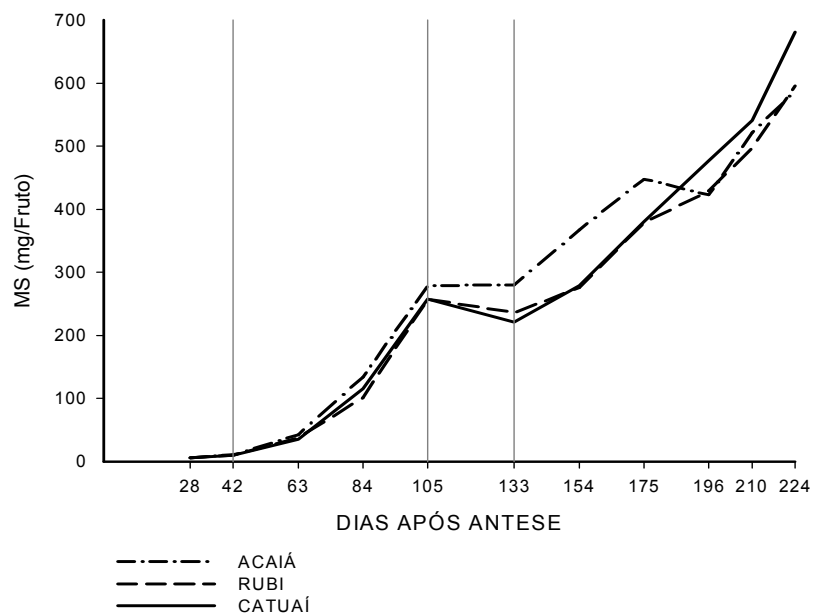


Figura 2 – Acúmulo médio de matéria seca por fruto de três variedades de cafeeiro arábico no nível adequado de adubação.

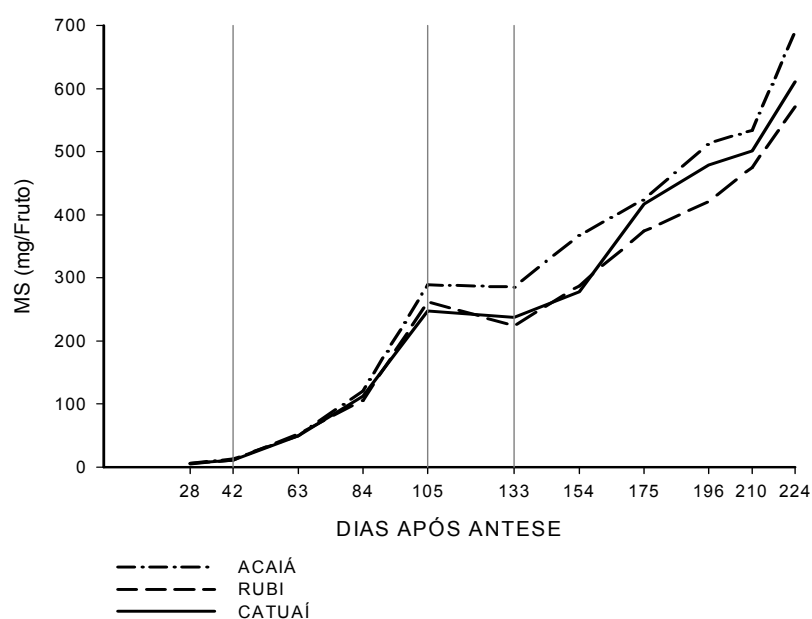


Figura 3 – Acúmulo médio de matéria seca por fruto de três variedades de cafeeiro arábico no nível alto de adubação.

Quadro 3 – Taxas de Crescimento absoluto do fruto (mg/dia) de três variedades de café em três níveis de adubação.

Nível de Adubação	Variedades	Estádios de Desenvolvimento do Fruto			
		Chumbinho	Rápida Expansão	Crescimento Suspenso	Granação-maturação
Baixo	Acaiá	0,275	4,355	-0,814	3,942
	Rubi	0,191	4,044	-1,123	3,901
	Catuaí	0,254	4,119	-1,345	4,200
Adequado	Acaiá	0,247	4,259	0,048	3,380
	Rubi	0,244	3,920	-0,760	3,948
	Catuaí	0,236	3,931	-1,291	5,051
Alto	Acaiá	0,297	4,381	-0,117	4,457
	Rubi	0,263	3,977	-1,347	3,814
	Catuaí	0,264	3,742	-0,350	4,110

Quadro 4 – Produtividade Média (sacas/ha de café beneficiado) de quatro variedades de cafeeiro arábica submetidos a três níveis de adubação.

Nível de Adubação	Variedades		
	Acaiá	Rubi	Catuai
Ano Agrícola 2000/2001			
Baixo	12,40	20,70	19,90
Adequado	18,30	33,20	30,10
Alto	25,80	40,10	38,80
Ano Agrícola 2001/2002			
Baixo	23,30	21,33	15,60
Adequado	35,13	42,03	15,05
Alto	44,55	40,48	39,05

4.2. Dinâmica de nitrogênio em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de N observadas nos frutos no nível baixo de adubação (Fig. 4) aumentaram rapidamente de 2,02, 1,82 e 1,94 dag/kg da floração para 2,85, 2,88, e 2,85 dag/kg aos 40, 28, e 28 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. A partir destes períodos, houve decréscimos na concentração de N nos frutos até 84 dias para as variedades Acaiá e Rubi e até 115 dias para a variedade Catuaí. Ao atingirem esta mínima concentração, as três variedades apresentaram um novo aumento na concentração de N nos frutos até 1,97, 2,18 e 2,18 dag/kg aos 143, 134 e 175 dias após a antese, nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí. Aos 224 dias após a antese as concentrações finais nos frutos das variedades foram de 1,52, 1,62 e 1,34 dag/kg, respectivamente.

No nível adequado de adubação (Fig. 5) as concentrações de N no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 1,81, 2,03 e 1,82 dag/kg a partir da floração até 2,92, 2,73 e 2,55 dag/kg, aos 28, 43 e 28 dias, respectivamente. As variedades a partir deste período apresentaram decréscimos na concentração de N nos frutos até 84 dias. Após esta data, observou-se um novo aumento na concentração do nutriente até 2,06, 2,34 e 2,43 dag/kg aos 150, 117 e 133 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí. No momento da colheita, as respectivas variedades apresentaram a concentração de N no fruto de 1,68, 1,80 e 1,42 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 6) as concentrações de N no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram rapidamente de 2,24, 2,28 e 2,64 dag/kg a partir da floração até 2,70, 2,92 e 2,85 dag/kg, aos 28 dias após a antese, respectivamente. Após atingirem a máxima concentração de N nos

frutos as variedades Acaiá e Catuaí apresentaram decréscimo na concentração do nutriente até 102 e 117 dias após a antese. Após estes dias, houve aumento na concentração de N nos frutos até 2,25 e 2,32 dag/kg aos 161 e 170 dias após a antese nas mesmas variedades, atingindo aos 224 dias a concentração nos frutos de 1,21 e 1,67 dag/kg. Já a variedade Rubi, apresentou decréscimos na concentração de N nos frutos dos 84 até 224 dias após a antese, atingindo a concentração final de 1,67 dag/kg.

As curvas de variação do teor de N no fruto das variedades encontradas nos diferentes níveis de adubação assemelham-se as encontradas por CHAVES (1982), o qual observou diminuição na concentração de N nos frutos de cafeeiro da variedade Catuaí de 3,18 dag/kg para 2,02 dag/kg dos 21 aos 252 dias após o início do aparecimento do chumbinho.

As concentrações de N na flor das variedades apresentaram maiores concentrações no nível alto de adubação, indicando que as variedades neste nível estavam com melhor status nutricional em relação ao N no momento da floração comparado aos outros níveis. As concentrações na flor, encontradas no nível alto de adubação, estão próximas a faixa de concentração adequada determinada por MARTINEZ et al. (2001), de 2,29 a 2,59 dag/kg. As variedades nos níveis baixo e adequado de adubação apresentam teor de N na flor abaixo desta faixa. MALAVOLTA et al. (2002) encontrou concentrações 3,08 e 2,66 dag/kg de N em flores das variedades Catuaí e Mundo Novo. Estes resultados são superiores às maiores concentrações de N encontradas nas flores neste estudo. MORAES & CATANI (1964) encontram teor de N na flor de cafeeiro da variedade Typica de 3,76 dag/kg, valores que são superiores aos encontrados neste experimento. MALAVOLTA et al. (2002), observaram que no momento da floração são extraídos pelas flores 19,5 e 20,8 % do N total contido nas variedades Catuaí e Mundo novo, sugerindo que as flores do cafeeiro constituem um forte dreno temporário de nitrogênio.

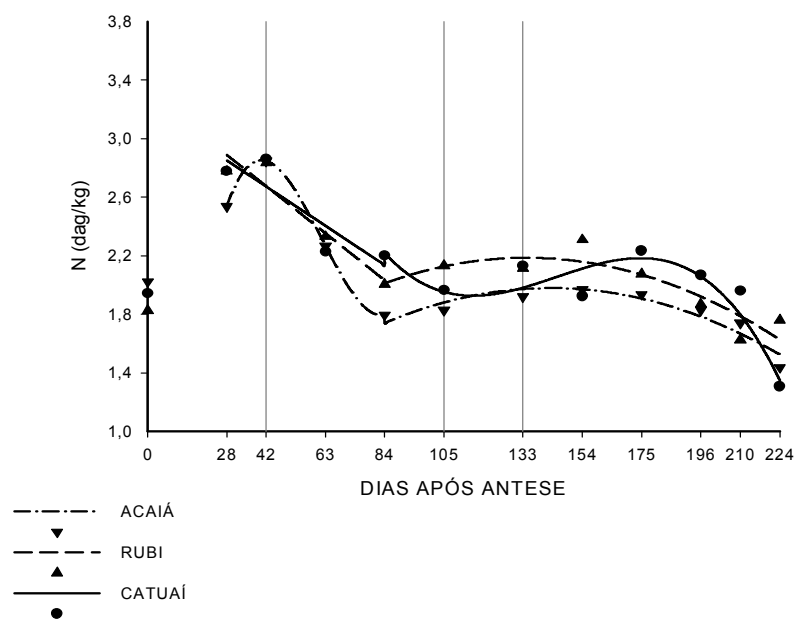


Figura 4 – Concentração de nitrogênio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

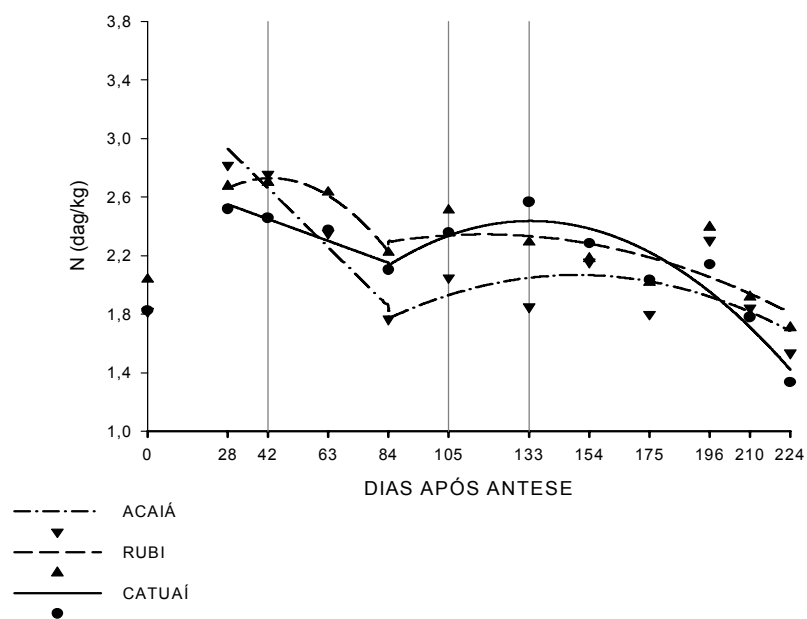


Figura 5 – Concentração de nitrogênio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

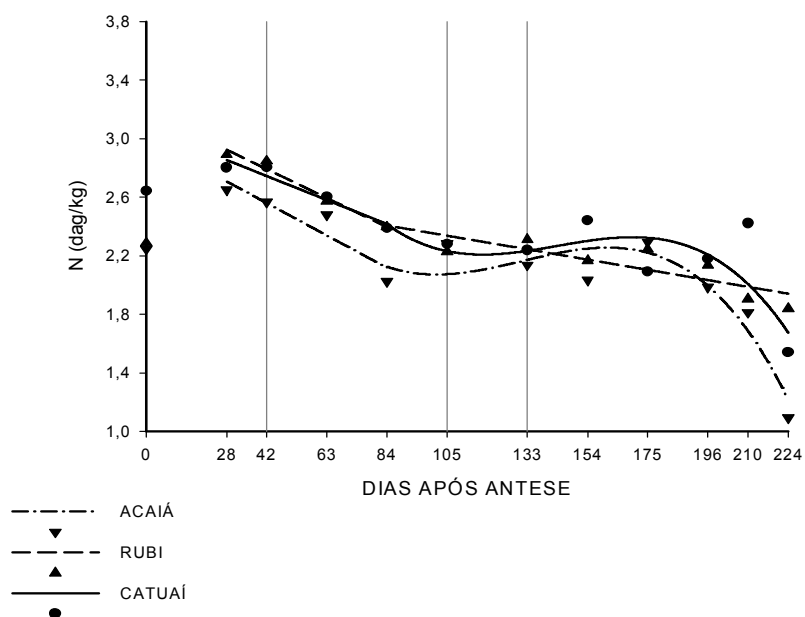


Figura 6 – Concentração de nitrogênio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

O tempo para obtenção das máximas concentrações de N nos frutos das variedades nos níveis de adubação empregados variou de 28 a 43 dias. Com exceção para as variedades Acaiá no nível baixo de adubação e Rubi no nível adequado de adubação, os demais tratamentos apresentaram a máxima concentração de N nos frutos aos 28 dias. MORAES & CATANI (1964) encontraram resultados diferenciados, observando que as maiores concentrações de N ocorreram na flor em comparação com outro estágio de desenvolvimento e maturação dos frutos.

Como se pode verificar, as máximas concentrações encontradas durante o desenvolvimento do fruto das variedades de cafeeiro ocorreram no estágio de chumbinho. De acordo com RENA et al. (2001), o fruto do cafeeiro neste estágio está sob intensa divisão celular, porém com pequeno crescimento e acúmulo de matéria seca. Isto pode explicar as maiores concentrações de N observadas no estágio de chumbinho.

QUADRO 5 – Equações de regressão da concentração de nitrogênio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaíá	28-84 dias	$\hat{y} = -1,809 + 0,276^{0,14}x - 0,0051^{0,15}x^2 + 0,0000276^{0,19}x^3$	0,986
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,573 + 0,0196^{\circ}x - 0,0000689^{\circ}x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 3,317 - 0,0153^{**}x$	0,921
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,940 + 0,0185^{\circ}x - 0,0000692^{\circ}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 3,208 - 0,0127^{**}x$	0,904
	84-24 dias	$\hat{y} = 8,632 - 0,149^*x + 0,00107^*x^2 - 0,00000247^*x^3$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaíá	28-84 dias	$\hat{y} = 3,467 - 0,0192^{**}x$	0,810
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,524 + 0,0206^*x - 0,0000689^*x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 2,175 + 0,0257^{0,29}x - 0,000298^{0,16}x^2$	0,812
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,700 + 0,0110^{0,20}x - 0,0000470^{\circ}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 2,749 - 0,00712^*x$	0,909
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,229 + 0,0330^{**}x - 0,000123^{**}x^2$	
Nível Alto de Adubação			
Acaíá	28-84 dias	$\hat{y} = 3,002 - 0,0105^*x$	0,913
	84-24 dias	$\hat{y} = 5,410 - 0,0835^{0,23}x + 0,000672^{0,15}x^2 - 0,00000171^{\circ}x^3$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 3,187 - 0,00941^*x$	0,940
	84-24 dias	$\hat{y} = 2,685 - 0,00332^*x$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 3,072 - 0,00781^{\circ}x$	0,781
	84-24 dias	$\hat{y} = 6,685 - 0,0991^{0,15}x + 0,000714^{0,13}x^2 - 0,00000166^{\circ}x^3$	

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Os valores máximos de concentração de N no fruto das variedades Rubi e Catuaí ocorreram no nível alto de adubação, sendo que para variedade Catuaí o valor foi igual no nível baixo de adubação. As menores concentrações para estas variedades observadas no nível adequado de adubação. A variedade Acaíá apresentou a maior concentração no nível adequado de adubação e a menor concentração no nível baixo de adubação. Pode-se

verificar que o maior fornecimento de N no nível alto de adubação influenciou positivamente na concentração máxima de N nos frutos das variedades Rubi e Catuaí.

Ao atingirem a máxima concentração de N no fruto, as variedades apresentaram decréscimos nas concentrações do elemento durante a fase de expansão rápida, até que se atingissem uma mínima concentração. Paralelamente à diminuição dos teores de N no fruto das variedades, houve um aumento no acúmulo de matéria seca dos frutos (Fig. 1, 2 e 3), assim como, da taxa de crescimento absoluto (Quadro 3). Pode se verificar que a diminuição na concentração de N nos frutos neste estágio foi provocada por um efeito de diluição em função do acúmulo de matéria seca dos mesmos. No estágio de rápida expansão, de acordo com RENA et al. (2001), o aumento de matéria seca dos frutos, como o de crescimento absoluto ocorre devido à expansão celular e não pelo acúmulo de substâncias de reservas nos frutos.

Após atingirem uma mínima concentração de N nos frutos das variedades no final da fase de rápida expansão e crescimento suspenso, observou-se um novo aumento na concentração de N nos frutos. A concentração de N nos frutos aumentou até que se atingisse um ponto de máxima no início a meados dos estádios de granação-maturação, ocorrendo novamente decréscimo na concentração do elemento até o final da fase reprodutiva. Durante toda a fase de granação-maturação observaram-se aumento no acúmulo de matéria seca pelos frutos (Fig. 1, 2 e 3), assim como, da taxa de crescimento absoluto (quadro 3). No entanto, até que se atingisse a máxima concentração, não foi observado efeito de diluição do nutriente no fruto em função do aumento do acúmulo de matéria seca. Com base nisto, acredita-se que máxima translocação de N para os frutos ocorreu no ponto em os frutos atingiram a máxima concentração de N. A partir deste momento, a translocação de N para os frutos foi diminuindo e o efeito de diluição em função do acúmulo de matéria seca fez com que a concentração do elemento nos frutos fosse diminuindo até o momento da colheita. Alguns autores observaram que o maior acúmulo de N nos frutos ocorre na fase final de formação. MORAES & CATANI (1964) verificaram que o acúmulo de 79 % do N total do fruto ocorreu nos últimos 120 dias de formação do fruto em um ciclo reprodutivo de 210 dias; RAMIREZ et al. (2002) determinaram em um ciclo reprodutivo de 240 dias que

90 % do N total foram acumulados nos 180 dias finais, sendo o período de 60 a 90 dias responsável pelo acúmulo de 45 % do N total; CHAVES (1982) observou aumento no acúmulo de N nos frutos de cafeeiro da variedade Catuaí até 210 dias após o aparecimento do chumbinho.

A exceção ocorreu para a variedade Rubi no nível alto de adubação, a qual apresentou diminuição na concentração de N nos frutos do estágio de chumbinho até o final do estágio de granação-maturação.

Aos 224 dias após a floração os maiores valores da concentração de N nos frutos das variedades Rubi e Catuaí ocorreram no nível alto de adubação. Estas variedades apresentaram também as maiores concentrações de N no nível alto de adubação na floração e no momento em que atingiram as maiores concentrações do elemento. Pode se verificar que, apesar da maior carga de frutos no nível alto de adubação nas variedades Acaiá e Catuaí e no nível médio de adubação na variedade Rubi (Quadro 4), o nível alto de adubação proporcionou maior absorção e partição de N para os órgãos reprodutivos.

As concentrações de N encontradas nos frutos das variedades nos níveis de adubação aos 224 dias variaram entre 1,42 a 1,94 dag/kg. Estes resultados estão próximos aos encontrados por alguns autores: 1,71 dag/kg (MORAES & CATANI, 1964); 1,53 dag/kg (CATANI et al., 1967) e 2,02 dag/kg (CHAVES, 1982).

As concentrações de N no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 7) das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram no início do período reprodutivo de 2,30, 2,31 e 2,16 dag/kg até 2,11, 2,17 e 2,05 dag/kg aos 36, 31 e 25 dias, respectivamente. Após este período, houve elevação nos teores foliares de N nas mesmas variedades, sendo atingidas aos 195, 183 e 181 as concentrações máximas de 3,21, 3,17, 3,40 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí foram de 3,08, 2,91 e 3,04 dag/kg.

No nível adequado de adubação, as concentrações de N no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá e Rubi (Fig. 8) decresceram no início do período reprodutivo de 2,22 e 1,97 dag/kg até 2,08 e 1,95 dag/kg aos 27 e 10 dias, respectivamente. A variedade Catuaí apresentou a menor concentração no momento da floração de 1,84 dag/kg. Após estes períodos houve aumento nos teores foliares de N nas três variedades,

atingindo aos 182, 172 e 165 dias as concentrações máximas de 3,43, 3,57 e 3,50 dag/kg. Aos 224 dias as respectivas concentrações foliares nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí foram de 3,08, 2,96 e 2,74 dag/kg.

No nível alto de adubação, as concentrações de N no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí (Fig. 9) decresceram no início do período reprodutivo de 2,69, 2,57 e 2,59 dag/kg até 2,38, 2,33 e 2,42 dag/kg aos 38, 32 e 32 dias, respectivamente. Após estes períodos houve aumento nos teores foliares de N nas três variedades, que atingiram aos 167, 163 e 167 dias as máximas concentrações de 3,42, 3,51 e 3,27 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí foram de 2,65, 2,52 e 2,70 dag/kg.

O padrão das curvas de variação na concentração de N nas folhas das variedades de cafeeiro durante a fase reprodutiva, apesar de algumas poucas diferenças, foi considerado o mesmo nos diferentes níveis de adubação. CHAVES (1982) encontrou padrão de comportamento diferenciado da variação de N nas folhas de ramos com frutos de cafeeiro da variedade Catuaí durante a fase reprodutiva. Este autor verificou que os teores de N nas folhas de ramos com frutos decresceu com o tempo de amostragem, sendo que nas concentrações estimadas os valores diminuíram de 3,08 dag/kg para um mínimo de 2,73 dag/kg dos 21 aos 233 dias após o aparecimento do chumbinho.

No momento da floração os maiores teores de N nas folhas ocorreram no nível alto de adubação e os menores valores no nível adequado de adubação. Porém as máximas concentrações verificadas estão abaixo das encontradas por MALAVOLTA et al. (2002) no momento da floração de 2,87 e 2,93 dag/kg nas variedades Catuaí e Mundo Novo, respectivamente.

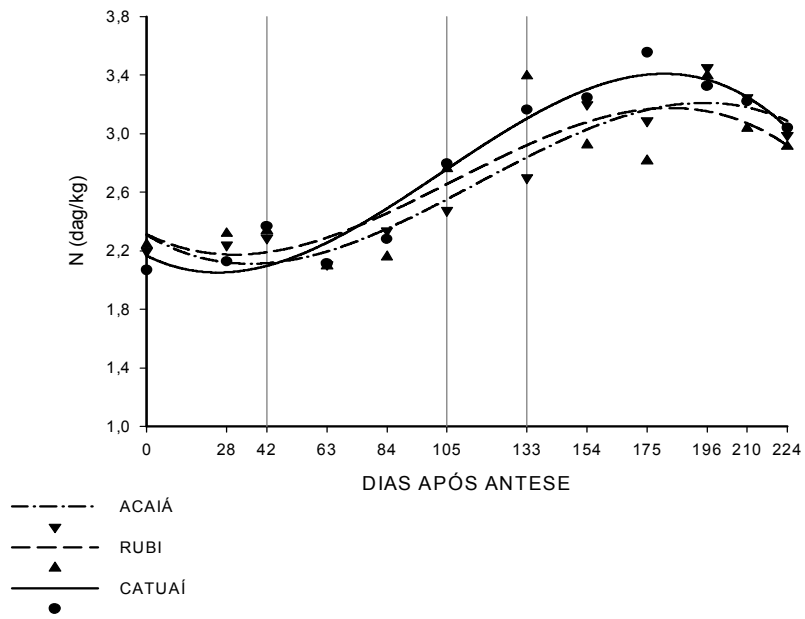


Figura 7 – Concentração de nitrogênio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento do fruto.

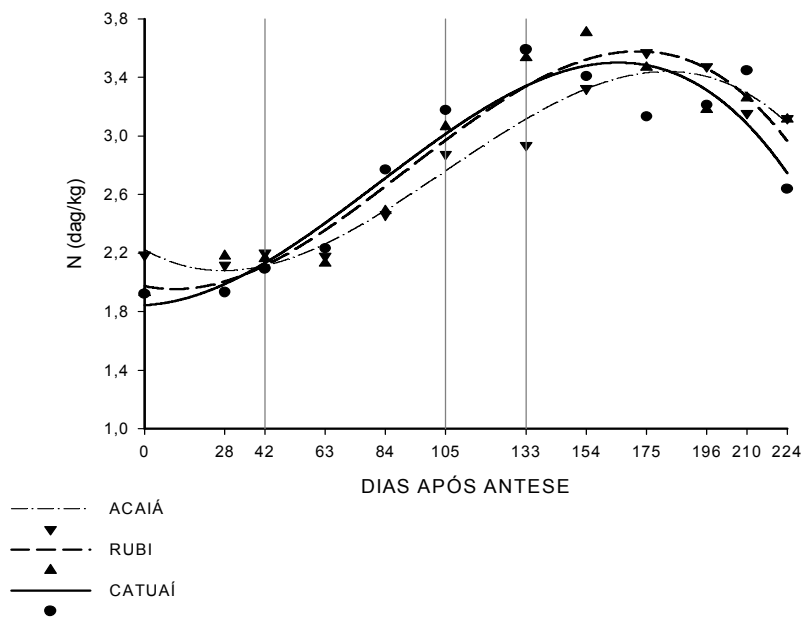


Figura 8 – Concentração de nitrogênio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

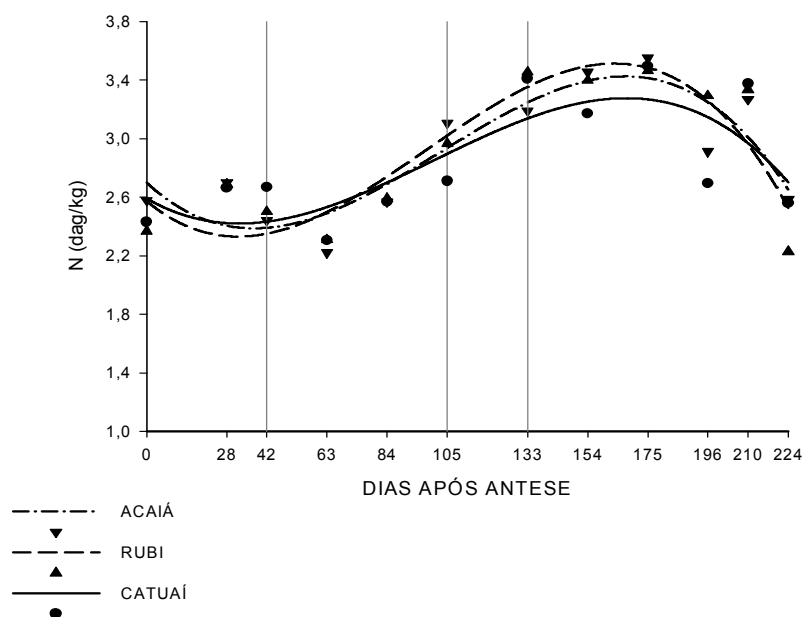


Figura 9 – Concentração de nitrogênio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

As mínimas concentrações de N nas folhas das variedades de cafeeiro apresentaram os maiores valores no nível alto de adubação. Os maiores teores de N observados nas folhas, no nível alto de adubação, estão coerentes com os resultados encontrados por GALLO et al. (1999) que observaram aumentos nos teores de N nas folhas na fase de chumbinho à medida que se aumentaram as doses de N aplicadas ao solo de 200 a 400 kg/ha. Porém, neste nível de adubação as variedades levaram maior tempo para iniciarem a recuperação da depleção de N nas folhas em relação às mesmas variedades nos níveis baixo e adequado de adubação. Este fato pode ser explicado pelas maiores concentrações iniciais de N nas folhas do nível alto de adubação. As menores concentrações de N nas folhas ocorreram próximas ao momento em que as máximas concentrações de N nos frutos foram atingidas. Isto pode ter ocorrido devido a uma concorrência dos frutos com as folhas no estágio inicial pelo nutriente.

QUADRO 6 – Equações de regressão da concentração de nitrogênio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,307 - 0,0115x + 0,000190x^2 - 0,000000548x^3$	0,923
Rubi	$\hat{y} = 2,312 - 0,009520,18x + 0,000181x^2 - 0,000000565x^3$	0,736
Catuaí	$\hat{y} = 2,166 - 0,00963x + 0,000220x^2 - 0,000000714x^3$	0,943
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,223 - 0,0109x + 0,000230x^2 - 0,000000733x^3$	0,967
Rubi	$\hat{y} = 1,975 - 0,00415x^{0,28} + 0,000210x^2 - 0,000000769x^3$	0,930
Catuaí	$\hat{y} = 1,844 + 0,000920x^{0,45} - 0,000170x^2 - 0,000000701x^3$	0,901
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,699 - 0,0179x + 0,000292x^2 - 0,000000953x^3$	0,785
Rubi	$\hat{y} = 2,573 - 0,0162x + 0,000304x^2 - 0,00000104x^3$	0,807
Catuaí	$\hat{y} = 2,591 - 0,0112x^{0,26} + 0,000207x^2 - 0,000000693x^3$	0,587

**, * e °, significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

No momento que as maiores concentrações foliares de N foram atingidas observou-se comportamento diferenciado das variedades nos níveis de adubação em relação à concentração inicial. As três variedades apresentaram as maiores concentrações de N na folha no nível adequado de adubação, sendo que a variedade Acaiá apresentou a maior concentração no nível baixo de adubação.

Observa-se que as máximas concentrações foliares de N foram atingidas após o momento em que se acredita ser o pico de translocação de N para os frutos. Apesar disso, as concentrações de N nas folhas já vinham aumentando paralelamente a translocação de N para os frutos. Isto implica que os fatores relacionados ao aumento da absorção de N pelas raízes não são regulados apenas pela intensidade de dreno dos frutos, mas também por outros fatores que regulam a absorção do nutriente para a planta como um todo.

Considerando o N um elemento de alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MARTINEZ et al., 2003), dentre os fatores que podem influenciar sua concentração foliar destaca-se a carga de frutos. Maiores cargas de frutos podem promover maior remobilização e translocação de N das folhas para órgãos reprodutivos. Aos 224 dias as maiores concentrações foliares de N foram observadas no nível adequado de adubação, com exceção da variedade Catuaí que apresentou maior teor no nível abaixo de adubação. No entanto, verificou-se que as maiores produtividades ocorreram no nível alto de adubação para as variedades Acaiá e Catuaí e no nível adequado de adubação para a variedade Rubi, com valor próximo ao ocorrido no nível alto de adubação (Quadro 4).

Verificou-se ao final do período reprodutivo que as concentrações iniciais de N nas folhas das variedades testadas foram recuperadas, atingindo valores superiores aos iniciais nos níveis baixo e adequado de adubação. No nível alto de adubação, apesar de somente a variedade Catuaí ter apresentado valores superiores aos iniciais, as concentrações foliares nas variedades Acaiá e Rubi não foram muito menores. Além disso, neste nível, as variedades apresentaram menores variações entre as mínimas e as máximas concentrações de N nas folhas. De modo geral, pode se dizer que a nutrição mineral das variedades, mesmo no nível baixo de adubação, foi adequada para suprir as exigências nutricionais das plantas com N.

4.3. Dinâmica de fósforo em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de P nos frutos observadas no nível baixo de adubação (Fig. 10) aumentaram rapidamente de 0,18 dag/kg na floração para 0,32, 0,30, e 0,32 dag/kg aos 28, 36, e 28 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. A partir deste momento, houve decréscimos na concentração de P nos frutos até que atingissem um valor mínimo aos 76 dias após a antese na variedade Rubi e aos 84 dias nas variedades Acaiá e Catuaí. As variedades Acaiá e Catuaí a partir dos 84 dias apresentaram um novo decréscimo na concentração de P nos frutos, sendo desta vez linear, até atingirem aos 224 dias as concentrações finais de 0,12 e 0,13 dag/kg, respectivamente. A variedade Rubi apresentou após os 84 dias um novo aumento na concentração de P nos frutos até que atingisse uma máxima concentração de 0,17 dag/kg aos 117 dias após a antese. Aos 224 dias esta variedade apresentou a concentração final de 0,11 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 11) as concentrações de P nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram abruptamente de 0,18, 0,16 e 0,17 dag/kg a partir da floração até 0,34, 0,28 e 0,30 dag/kg, aos 36, 37 e 37 dias após a antese respectivamente. Após este período, houve decréscimo na concentração de P nos frutos até que atingissem um mínimo valor aos 74, 73, e 72 dias nas três variedades citadas acima. Após atingirem esta mínima concentração, as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí apresentaram uma nova elevação na concentração de P nos frutos até 0,17, 0,16 e 0,17 aos 107, 84, e 109 dias. Aos 224 dias de desenvolvimento dos frutos as três variedades apresentaram as concentrações finais de 0,15, 0,10 e 0,08 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 12) as concentrações de P no fruto das variedades Acaia, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,17, 0,20 e 0,14 dag/kg a partir da floração até 0,28, 0,27 e 0,28 dag/kg, aos 37, 38 e 39 dias após a antese, respectivamente. A partir deste momento, houve um novo aumento na concentração de P nos frutos das variedades acima até atingirem uma máxima concentração de 0,12, 0,14 e 0,14 dag/kg aos 105, 90 e 96 dias após a antese. Ao final da fase reprodutiva as concentrações de P nos frutos das variedades foram de 0,08 dag/kg para as variedades Acaia e Rubi e 0,07 dag/kg para a variedade Catuaí.

As curvas de variações nos teores de P nas variedades Acaia e Rubi nos diferentes níveis de adubação se assemelham ao encontrado por CHAVES (1982) que observou diminuição na concentração de P nos frutos de cafeeiro da variedade Catuaí de 0,18 dag/kg para um mínimo de 0,10 dag/kg dos 21 aos 197 dias após o início do aparecimento do chumbinho. SOUZA (1982) também encontrou resultados semelhantes aos deste trabalho, observando um declínio no teor de P nos frutos de cafeeiro da variedade Mundo Novo até a fase de maturação, porém os dados obtidos mostraram uma constância nos teores do elemento em meados de dezembro à primeira semana de março.

As concentrações iniciais de P nas flores das variedades estudadas variaram entre 0,16 a 0,20 dag/kg e estão abaixo da faixa de referência determinada por MARTINEZ et al. (2001) que foi de 0,24 a 0,26 dag/kg e da concentração encontrada por RAMIREZ et al. (2002) que verificou teor de 0,39 dag/kg em flores do cafeeiro da variedade Caturra. Considerando a flor como um indicador do diagnóstico nutricional pode-se inferir que as plantas estudadas estavam mal nutridas em P no momento da floração, mesmo no nível alto de adubação. As baixas concentrações de P nas flores podem estar relacionadas às baixas concentrações de P no solo apresentadas no QUADRO 1 de 4,1, 6,6 e 5,0 mg/dm³ nos níveis baixo, adequado e alto de adubação, respectivamente. MALAVOLTA et al. (2002) constataram que as flores constituem um forte dreno temporário de nutrientes, extraído pelas variedades Catuaí e Mundo Novo 29,7 e 31 % do P total contido na planta, respectivamente. Além disso, observou que os teores de P nas flores foram superiores em relação aos verificados em ramos e folhas.

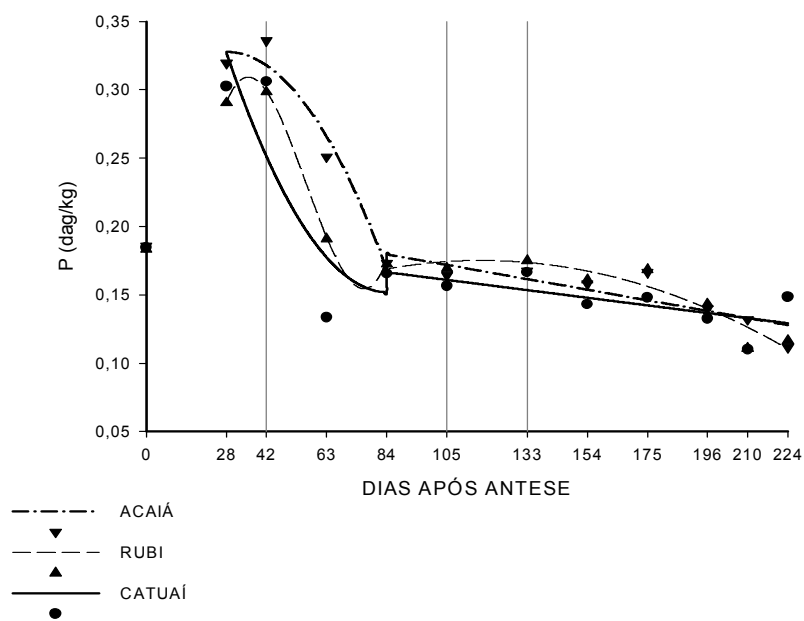


Figura 10 – Concentração de fósforo em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

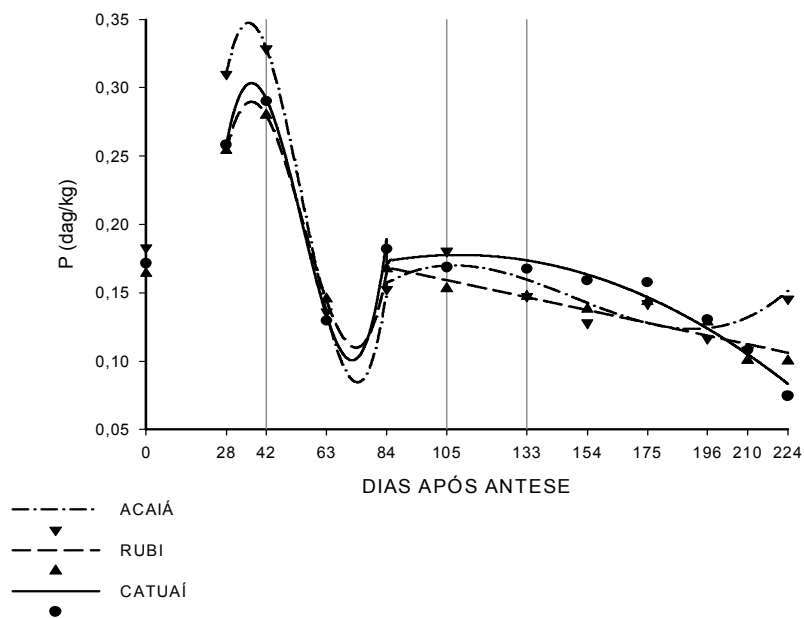


Figura 11 – Concentração de fósforo em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

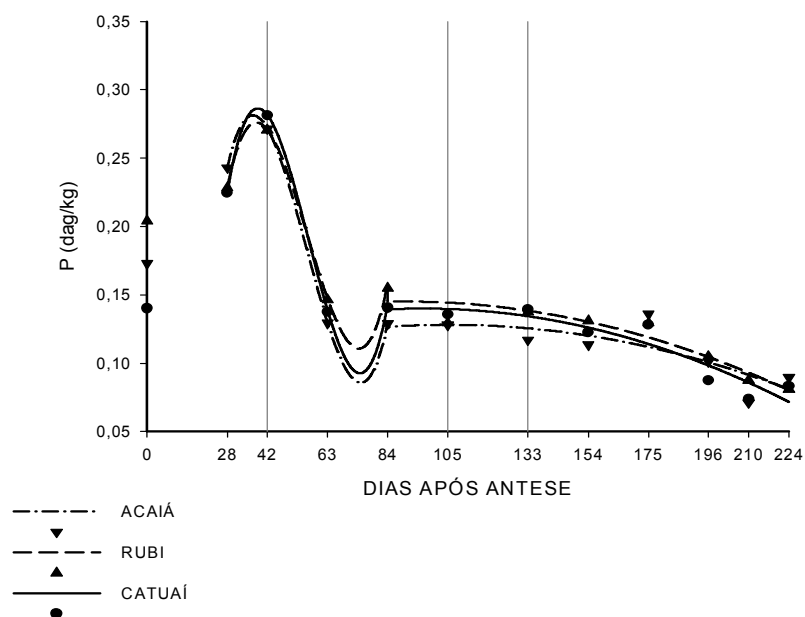


Figura 12 – Concentração de fósforo em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

MORAES e CATANI (1964) pesquisando o acúmulo de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento observaram que as concentrações de P foram maiores na flor que no fruto em qualquer outro estágio do desenvolvimento. Resultado semelhante a este não foi observado neste experimento onde as maiores concentrações de P ocorreram nos frutos, independente da variedade e do nível de adubação empregado.

Os valores das maiores concentrações de P nas flores das variedades Acaiá e Catuaí ocorreram no nível baixo de adubação, enquanto que na Acaiá, este valor foi igual ao obtido no nível adequado de adubação. A variedade Rubi apresentou o maior valor da concentração de P na flor no nível alto de adubação. Os maiores valores da concentração de P nas flores das variedades Acaiá e Catuaí no nível baixo de adubação podem estar relacionados à safra anterior (Quadro 4), em que estas variedades apresentaram menor produtividade e, conseqüentemente, menor extração do nutriente.

QUADRO 7 – Equações de regressão da concentração de fósforo em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = 0,287 + 0,00285^{0,50}x - 0,0000508^{0,16}x^2$	0,974
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,210 - 0,000369*x$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,265 + 0,0382^{0,11}x - 0,000788^{\circ}x^2 + 0,00000^{\circ}x^3$	0,986
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0975 + 0,00132^{0,63}x - 0,00000566^{0,22}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,543 - 0,00925*x + 0,0000546^{0,13}x^2$	0,847
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,188 - 0,000266^{0,14}x$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,789 + 0,0758**x - 0,00157**x^2 + 0,00000958**x^3$	0,975
	84-24 dias	$\hat{y} = - 0,258 + 0,00982^{0,23}x - 0,0000715^{0,19}x^2 + 0,00000016^{0,18}x^3$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,622 + 0,0596**x - 0,00121**x^2 + 0,00000738**x^3$	0,982
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,206 - 0,000446**x$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,834 + 0,0745**x - 0,00153**x^2 + 0,00000938**x^3$	0,987
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0922 + 0,00156^{0,24}x - 0,00000716^{\circ}x^2$	
Nível Alto de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,654 + 0,0607**x - 0,00122**x^2 + 0,00000735**x^3$	0,968
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0910 + 0,000703^{0,63}x - 0,00000334^{0,17}x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,690 + 0,0611**x - 0,00121**x^2 + 0,00000723**x^3$	0,987
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,116 + 0,000642^{0,59}x - 0,00000359^{0,14}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,884 + 0,0733**x - 0,00144**x^2 + 0,00000851**x^3$	0,982
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,101 + 0,000806^{0,29}x - 0,00000^{\circ}x^2$	

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

Os maiores valores da concentração máxima de P nos frutos das variedades Rubi e Catuaí ocorreram no nível baixo de adubação, enquanto que na Acaiaá, este valor foi obtido no nível adequado de adubação. No entanto, o menor valor foi observado no nível alto de adubação. Isto pode estar relacionado às maiores produções de frutos neste nível de adubação e, conseqüentemente, maior partição de P entre os frutos.

Neste estudo, as maiores concentrações de P nos frutos das variedades ocorreram no estágio de chumbinho. Neste estágio, de acordo com RENA et al. (2001) o fruto está sob intensa divisão celular, porém com pequeno crescimento e acúmulo de matéria seca o que favoreceu a maior concentração de P nesta fase.

Na fase de Rápida Expansão, em que o fruto está sob altas taxas de crescimento absoluto (Quadro 3), houve forte diluição e redução das concentrações de P nos frutos das variedades. A forte redução na concentração de P nos frutos das variedades ocorreu até que se atingisse uma mínima concentração, havendo modificação no padrão da curva de variação do nutriente no fruto. A partir deste momento, com alguma exceção, houve um novo aumento na concentração de P nos frutos das variedades até que se atingisse um novo ponto máximo. Acredita-se que esta modificação no padrão da curva, assim como, um novo aumento na concentração de P nos frutos das variedades está relacionado a um aumento da intensidade de dreno de P para este órgão da planta.

Nos estádios de granação-maturação, que se estendem dos 133 aos 224 dias após a antese, observou-se menor declividade nas curvas da concentração de P nos frutos das variedades comparado ao estágio de expansão rápida. O estágio de rápida expansão apresentou valores da taxa de crescimento absoluto do fruto (TCA) (QUADRO 3). A menor declividade das curvas da concentração de P nos frutos está relacionada à manutenção da translocação de P para os frutos das variedades, o que permitiu pequeno efeito de diluição pelo acúmulo de matéria seca (Fig. 1, 2 e 3). De acordo com SOUZA (1972) a pouca variação nas fases de granação-maturação pode estar relacionada ao aumento da absorção de P. Ramirez et al. (2002) verificaram que 71 % do P total acumulados pelos frutos do cafeeiro Caturra ocorreram de 60 a 120 dias após a floração, sendo que, 41 % do acúmulo total de P ocorreu aos 90 dias após a floração, momento este em que o fruto alcançou aproximadamente 80 % do tamanho máximo.

Aos 224 dias após a floração, as maiores concentrações de P foram observadas no nível baixo de adubação, sendo que a variedade Acaíá apresentou o mesmo valor no nível adequado de adubação. As menores concentrações foram observadas no nível alto de adubação. O principal fator

que pode influenciar nas concentrações finais P no fruto é a força do dreno, sendo que quanto maior a carga de frutos maior será a força de dreno dos frutos e maior poderá ser a repartição do nutriente, mesmo que este esteja em maiores concentrações no solo. Pelo Quadro 4, pode-se observar que as maiores concentrações de P nos frutos ocorreram no nível baixo de adubação, nível este que apresentou as menores produtividades.

As concentrações finais de P nos frutos variaram entre 0,07 a 0,15 dag/kg. Estes resultados estão próximos ou abaixo dos encontrados por alguns pesquisadores: 0,14 dag/kg (RAMÍREZ et al., 2002); 0,18 dag/kg (CATANI et al., 1965); 0,29 dag/kg (MORAES & CATANI, 1964); 0,16 dag/kg (CATANI et al., 1967).

As concentrações de P no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 13) das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,13 dag/kg no início do período reprodutivo até 0,19, 0,16 e 0,15 dag/kg aos 66, 57 e 109 dias, respectivamente. Após este período, houve decréscimos nos teores foliares de P, atingindo-se aos 224 dias as concentrações foliares de 0,14, 0,13 e 0,13 dag/kg para as respectivas variedades .

No nível adequado de adubação (Fig. 14), as concentrações de P no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram no início do período reprodutivo de 0,12, 0,10 e 0,10 dag/kg até 0,16, 0,15 e 0,16 dag/kg aos 81, 114 e 121 dias, respectivamente. Após este período, houve decréscimo nos teores foliares de P, atingindo-se aos 224 dias as concentrações foliares de 0,12, 0,10 e 0,12 dag/kg para as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente.

No nível alto de adubação (Fig. 15), as concentrações de P no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram no início do período reprodutivo de 0,11, 0,11 e 0,12 dag/kg até 0,12, 0,12 e 0,14 dag/kg aos 36, 98 e 41 dias, respectivamente. Após este período, houve decréscimo nos teores foliares de P, atingindo aos 224 dias as concentrações foliares de 0,09, 0,10 e 0,10 dag/kg para as respectivas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí.

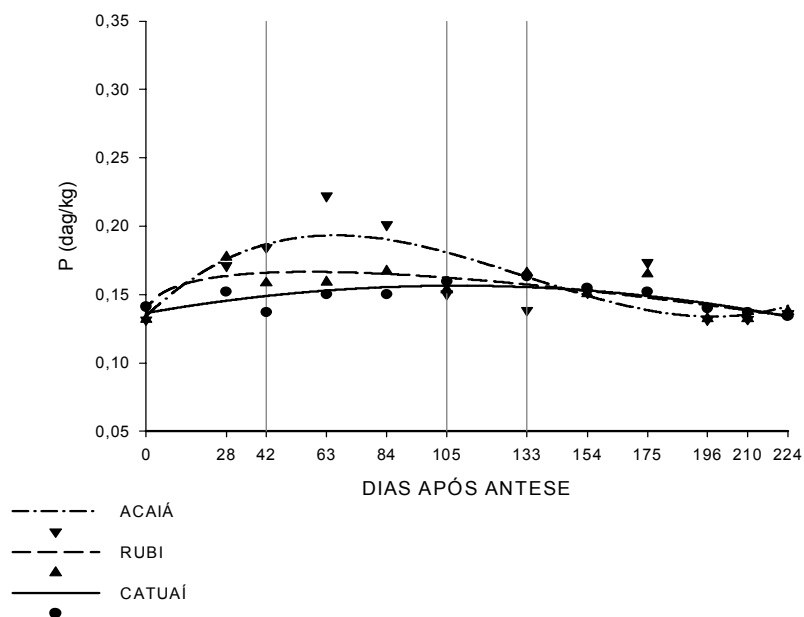


Figura 13 – Concentração de fósforo em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

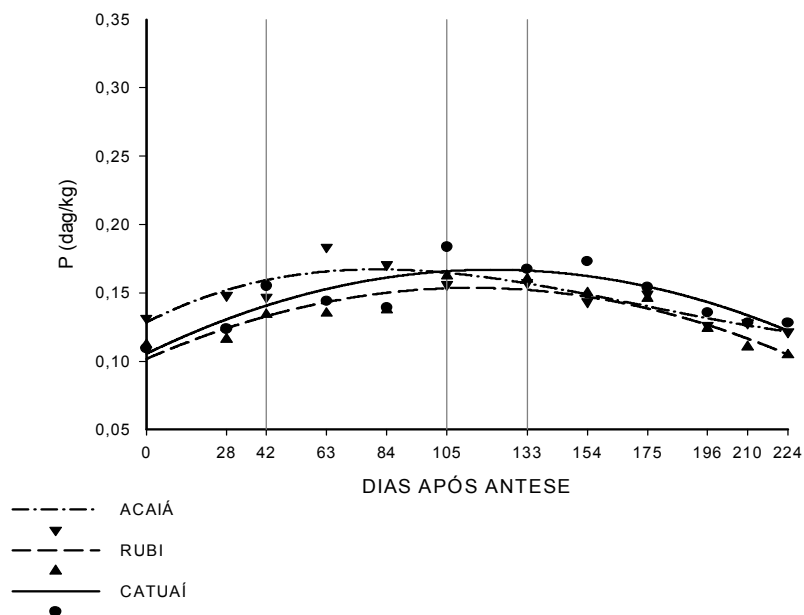


Figura 14 – Concentração de fósforo em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

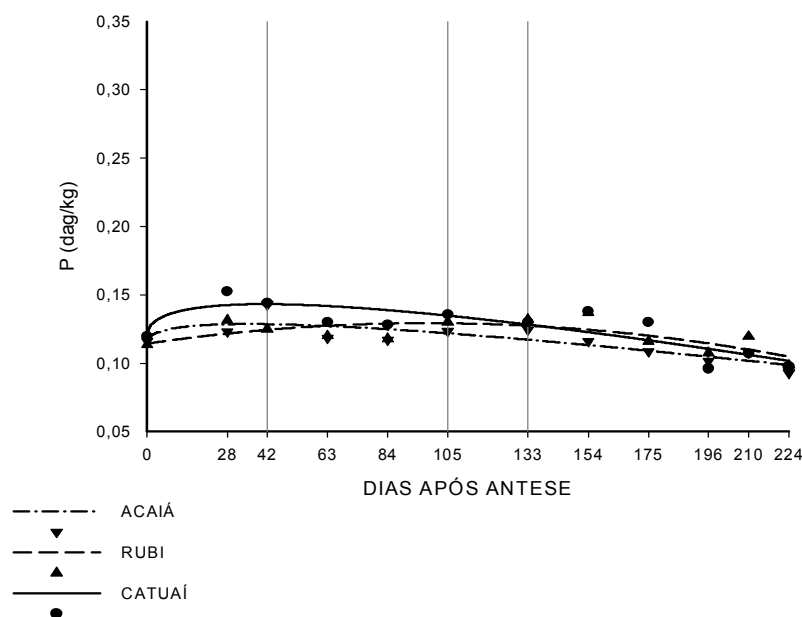


Figura 15 – Concentração de fósforo em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

QUADRO 8 – Equações de regressão da concentração de fósforo em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,134 + 0,00202*x - 0,0000204*x^2 + 0,0000000517*x^3$	0,625
Rubi	$\hat{y} = 0,133 + 0,00880**x^{0,5} - 0,000583**x$	0,665
Catuaí	$\hat{y} = 0,136 + 0,000367**x + 0,00000169**x^2$	0,650
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,128 + 0,00107**x - 0,00000868*x^2 + 0,0000000168*x^3$	0,812
Rubi	$\hat{y} = 0,101 + 0,000914**x + 0,000004**x^2$	0,845
Catuaí	$\hat{y} = 0,105 + 0,00101**x - 0,0000042**x^2$	0,745
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,115 + 0,00441*x^{0,5} - 0,00037**x$	0,710
Rubi	$\hat{y} = 0,114 + 0,000304*x - 0,00000155**x^2$	0,519
Catuaí	$\hat{y} = 0,120 + 0,0072**x^{0,5} - 0,000563**x$	0,710

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

O padrão das curvas de variação de P no 3º e 4º pares de folhas dos ramos produtivos foi diferente daquele encontrado por SOUZA (1972), o qual observou um declínio quase constante na concentração de P que não foi afetada pelo ciclo de crescimento dos frutos e nem pelos fatores climáticos. Esses resultados também diferiram dos encontrados por CHAVES (1982), o qual observou que os teores de P das folhas de ramos com frutos, diminuíram com a época de amostragem, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 0,12 dag/kg para um mínimo de 0,08 dag/kg dos 21 aos 171 dias após o aparecimento do chumbinho. Após atingir a concentração mínima, os teores de P voltaram a aumentar, indicando uma diminuição na redistribuição e ou aumento na taxa de absorção do elemento.

No momento da floração, observou-se que os teores de P nas folhas foram maiores no nível baixo de adubação. Os valores das menores concentrações ocorreram no nível adequado de adubação nas variedades Rubi e Catuaí e no nível alto de adubação para variedade Acaiá. Isto pode estar relacionado a florações mais intensas que aconteceram nos níveis de maiores adubações, ocasionando maiores repartições do nutriente. Além disso, menores produtividades ocorridas na safra anterior no nível baixo de adubação (Quadro 4) podem ter contribuído para os maiores teores de P nas folhas das variedades neste nível de adubação no início do período reprodutivo. As concentrações encontradas nesse momento variaram entre 0,11 e 0,13 dag/kg e estão próximos ao encontrados por MALAVOLTA et al. (2002), que verificaram concentrações foliares de P no momento da floração de 0,11 e 0,14 dag/kg nas variedades Catuaí e Mundo Novo. Com exceção dos valores encontrados no nível baixo de adubação, estes foram inferiores a faixa determinada por MARTINEZ et al. (2001), de 0,24 a 0,26 dag/kg.

O tempo necessário para atingir as concentrações máximas de P no 3º e 4º pares de folhas foi maior no nível adequado de adubação. No entanto, essa concentração se mostrou mais elevada que as concentrações máximas alcançadas no nível alto de adubação, embora neste último caso o tempo decorrido desde a antese tenha sido menor.

As maiores concentrações máximas de P, no 3º e 4º pares de folhas das variedades Acaiá e Rubi, ocorreram no nível baixo de adubação, enquanto para a variedade Catuaí este valor ocorreu no nível adequado de adubação. Os

menores valores máximos foram observados no nível alto de adubação, independente da variedade estudada.

Durante o período de formação dos frutos observou-se pequena variação na concentração de P nas folhas das variedades estudadas. O desenvolvimento e a formação dos frutos pouco influenciaram na variação da concentração foliar de P.

Aos 224 dias após a floração, observaram-se os maiores valores da concentração de P nas folhas das variedades no nível baixo de adubação e os menores valores no nível alto de adubação. Esta tendência também foi observada nos frutos no final do período reprodutivo na maioria dos tratamentos. Tais resultados diferenciam-se dos encontrados por GALLO et al. (1999), que verificaram aumento na concentração de P nas folhas à medida que se elevou a dose de P no solo de 30 a 90 kg/ha de P_2O_5 . Pode-se observar que as maiores concentrações de P nas folhas de ramos produtivos foram encontradas no nível baixo de adubação que apresentou as menores produtividades. Considerado o P um nutriente de alta mobilidade na planta (MARSCHNER, 1995), dentre os principais fatores que podem influenciar na concentração de P nas folhas do cafeeiro pode-se citar a intensidade de dreno dos frutos. Uma maior carga de frutos pode ocasionar uma maior mobilização de P para estes órgãos e conseqüentemente resultar em menores teores foliares deste elemento.

Os teores foliares finais encontrados, neste estudo, variaram entre 0,09 a 0,14 dag/kg. Tais resultados são inferiores aos encontrados por GALLO et al. (1999) que observaram variações de 0,15 até 0,23 dag/kg.

Verificou-se ao final do período reprodutivo que as concentrações foliares de P das variedades testadas nos níveis baixo e adequado de adubação foram iguais ou superiores aos valores observados no início do período reprodutivo. Porém, os valores da concentração de P nas folhas no nível alto de adubação foram inferiores aos do início do período reprodutivo, indicando que a nutrição com P das variedades nos níveis baixo e adequado de adubação atendeu melhor a necessidade de mobilização de P para os frutos.

4.4. Dinâmica de potássio em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de K nos frutos no nível baixo de adubação (Fig. 16) aumentaram rapidamente de 2,53, 2,56 e 2,43 dag/kg na floração para 2,69, 2,90 e 2,89 dag/kg aos 28, 41, e 28 dias nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. A partir destes períodos, houve um decréscimo na concentração de K nos frutos das variedades até que atingissem uma mínima concentração aos 84 dias após a antese. Ao atingir esta mínima concentração, observou-se um novo aumento na concentração de K nos frutos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí até 2,47, 2,46 e 2,43 dag/kg aos 138, 131 e 146 dias após a antese, respectivamente. Aos 224 dias após a antese a concentração final de K nos frutos foi de 1,92, 2,00 e 2,09 dag/kg nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí.

No nível adequado de adubação (Fig. 17) as concentrações de K no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram rapidamente de 2,50, 2,25 e 2,53 dag/kg a partir da floração até 3,08, 2,74 e 2,79 dag/kg, aos 28, 37 e 41 dias, respectivamente. Após este período houve decréscimo na concentração de K até 84, 109 e 84 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí. Ao atingirem esta mínima concentração, houve uma nova recuperação na concentração de K nos frutos até 2,42 dag/kg na variedade Acaiá e 2,40 nas variedades Rubi e Catuaí aos 153, 186 e 144 dias após a antese, respectivamente. Até o momento da colheita observou-se um novo decréscimo na concentração do elemento nos frutos, atingindo-se aos 224 dias as concentrações de 2,09, 2,19 e 1,97 dag/kg, para as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente.

No nível alto de adubação (Fig. 18) as concentrações de K no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 2,28, 2,37 e 1,68 dag/kg a partir da floração até 2,67, 2,54 e 2,98 dag/kg, aos 28, 28 e 38 dias, respectivamente. Após este período houve decréscimo na concentração de K nos frutos até 84 dias após a antese nas variedades Acaiá e Rubi e até 79 dias na variedade Catuaí. Ao atingir esta mínima concentração, observou-se aumento na concentração de K no fruto das variedades Rubi e Catuaí até 2,48 e 2,66 dag/kg aos 138 e 153 dias após a antese. Aos 224 dias após antese estas variedades apresentaram a concentração final de K nos frutos de 2,16 e 2,22 dag/kg. Já a variedade Acaiá, a partir dos 84 dias após a antese não apresentou variação significativa na concentração de K nos frutos, permanecendo aos 224 dias após a antese com o teor do nutriente nos frutos de 2,18.

As curvas de variação na concentração de K em fruto encontrada nas variedades nos níveis de adubação assemelhou-se da verificada por CHAVES (1982), o qual observou decréscimo no teor de K de 3,21 dag/kg para um mínimo de 2,65 dag/kg dos 21 aos 92 dias após o início do aparecimento do chumbinho em cafeeiro da variedade Catuaí. Após esta fase, este autor verificou aumento na concentração de K nos frutos até 208 dias com nova redução até os 252 dias.

As concentrações iniciais de K nas flores das variedades estudadas variaram entre 1,68 a 2,56 dag/kg. Com exceção da variedade Catuaí no nível alto de adubação, os valores encontrados estão na faixa de concentração considerada como adequada por MARTINEZ et al. (2001) de 1,79 a 2,63 dag/kg. Os teores adequados nas flores podem ter sido beneficiados pela concentração adequada do elemento no solo (Quadro 1) nos níveis de adubação. Outros autores encontraram valores próximos ou acima das concentrações de K nas flores das variedades estudadas neste trabalho. RAMIREZ et al. (2002) verificaram concentração de 2,54 dag/kg de K em flores de cafeeiro da variedade Caturra. MALAVOLTA et al. (2002) verificaram valores da concentração de K nas flores das variedades Catuaí e Mundo Novo de 3,01 e 3,12 dag/kg.

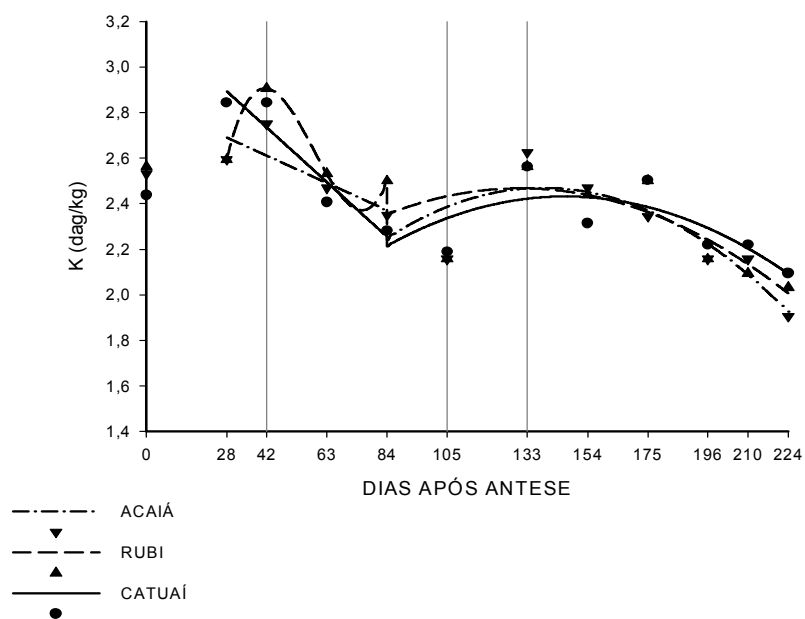


Figura 16 – Concentração de potássio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

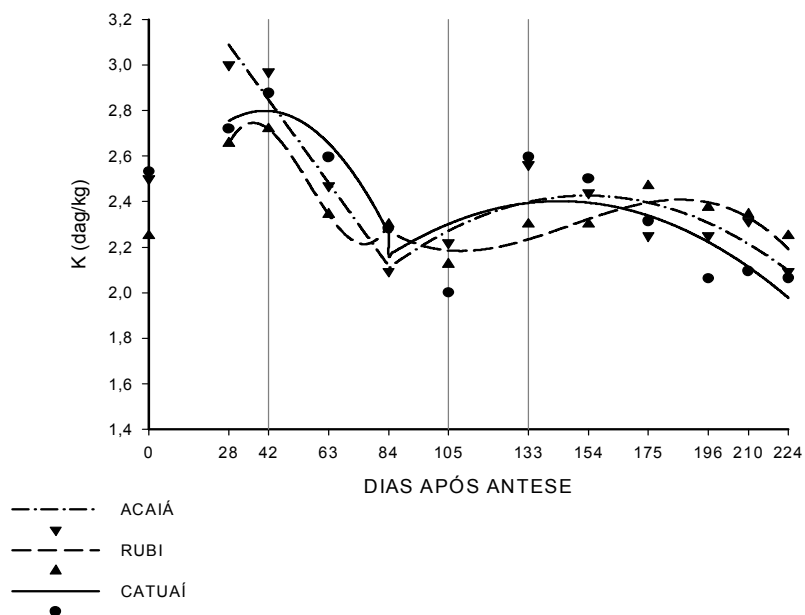


Figura 17 – Concentração de potássio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

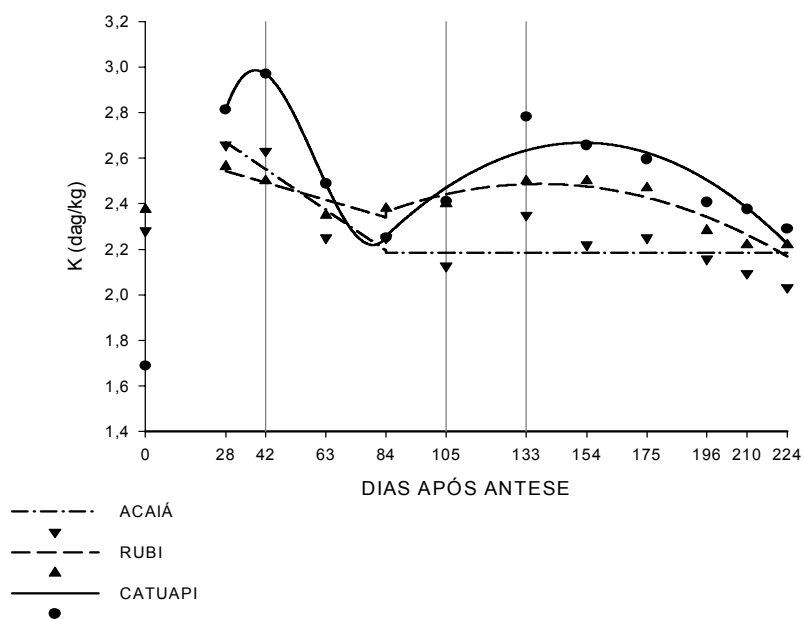


Figura 18 – Concentração de potássio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

MALAVOLTA et al. (2002) constataram que as flores constituem um forte dreno temporário de nutrientes, extraído pelas variedades Catuaí e Mundo Novo 20,7 e 23,1% do K total contido na planta, respectivamente. Além disso, observaram que os teores de K nas flores foram superiores em relação aos observados em ramos e folhas.

MORAES e CATANI (1964) pesquisando o acúmulo de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento observaram que as concentrações de K foram maiores na flor que no fruto em qualquer outro estágio de desenvolvimento. Neste experimento, as maiores concentrações de K ocorreram nos frutos, independente da variedade e do nível de adubação empregado.

QUADRO 9 – Equações de regressão da concentração de potássio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 2,849 - 0,00569^{\circ}x$	0,624
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,210 - 0,000369^{\circ}x$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = - 1,415 + 0,256^{\circ}x - 0,00479^{\circ}x^2 + 0,0000274^{\circ}x^3$	0,839
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,568 + 0,0137^{\circ}x - 0,0000527^{\circ}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 3,213 - 0,0114^{**}x$	0,863
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,234 + 0,0163^{\circ}x - 0,0000560^{\circ}x^2$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 3,573 - 0,0173^{**}x$	0,910
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,872 + 0,0202^{**}x - 0,0000660^{**}x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,441 + 0,150^{0,22}x - 0,00304^{0,19}x^2 + 0,0000180^{0,19}x^3$	0,940
	84-24 dias	$\hat{y} = 4,837 - 0,0603^{0,18}x + 0,000438^{0,15} - 0,00000099^{0,13}x^3$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 2,330 + 0,0230^{0,27}x - 0,000284^{0,12}x^2$	0,631
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,030 + 0,0190^{**}x - 0,0000661^{**}x^2$	
Nível Alto de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 2,908 - 0,0085^{**}x$	0,772
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 2,18$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 2,644 - 0,00362^{0,29}x$	0,868
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,681 + 0,0117^{0,18}x - 0,0000425^{0,13}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,299 + 0,204^{0,15}x - 0,00394^{0,14}x^2 + 0,0000223^{0,16}x^3$	0,926
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,641 + 0,0265^{**}x - 0,0000870^{**}x^2$	

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

Os valores da maior concentração de K nas flores foram observados no nível baixo de adubação para a variedade Acaiá e Rubi e no nível alto de adubação para a variedade Catuaí. As menores concentrações foram observadas no nível alto de adubação para as variedades Acaiá, no nível adequado de adubação para a variedade Rubi e no nível baixo de adubação na variedade Catuaí. Pode-se verificar que não somente o nível de adubação influencia na composição química das flores de cafeeiro, mas também outros

fatores como a intensidade da floração. Maiores florações pode resultar em maiores repartições de K nos órgão reprodutivos. Além disso, a safra anterior (Quadro 4) pode ter influenciado no status nutricional da planta em relação ao elemento.

Os valores da concentração de K no momento em que as variedades atingiram as máximas concentrações do elemento no fruto variaram entre 2,54 a 3,08 dag/kg. Verificou-se que estes valores estão próximo dos encontrados por RAMÍREZ et al. (2002) de 2,99 e 2,94 dag/kg aos 30 e 60 dias após a floração em cafeeiro da variedade Caturra e dos valores encontrados por MORAES e CATANI (1964) de 3,27 dag/kg aos 90 dias após a floração em cafeeiro da variedade Typica. Os maiores valores foram observados no nível baixo de adubação na variedade Rubi, no nível adequado de adubação na variedade Acaiá e no nível alto de adubação na variedade Catuaí. Quanto aos menores valores verificados, estes foram observados no nível alto de adubação nas variedades Acaiá e Rubi e no nível médio de adubação na variedade Catuaí.

Após o momento em que as variedades atingiram a máxima concentração de K no fruto houve decréscimos nas concentrações desse elemento durante as fases de expansão rápida até que se atingisse uma mínima concentração no final desta fase. A diminuição na concentração do elemento nos frutos neste estágio está relacionada a um efeito de diluição por aumento do acúmulo de matéria seca nos frutos (Fig. 1, 2 e 3), assim como, pelo aumento da taxa de crescimento absoluto dos frutos (Quadro 3). Após atingir esta mínima concentração, observou-se um novo aumento na concentração até que se atingisse uma máxima concentração. No entanto, o aumento na concentração do elemento nos frutos ocorreu ainda na fase de rápida expansão e isto pode ter sido beneficiado por um aumento da intensidade de dreno dos frutos pelo elemento. O novo ponto de máximo para a maioria dos tratamentos ocorreu no estágio de granação-maturação dos frutos, estágio este em que se observou novo incremento de matéria seca nos frutos, bem como, aumento da taxa de crescimento absoluto. Desta forma, acredita-se que no momento em que se observou esta nova máxima concentração de K nos frutos seja também o momento das maiores taxas de translocação de K para os frutos. Após esta máxima concentração, a taxa de translocação ou a

intensidade de dreno foi diminuindo de forma que se permitiu uma nova diluição do nutriente no fruto e, conseqüente, redução da concentração de nos frutos até os 224 dias após a antese.

As exceções ocorreram para a variedade Acaíá no nível alto de adubação. Esta variedade no nível alto de adubação não apresentou variações significativas na concentração do elemento no fruto desde o final do estágio de expansão rápida até os 224 dias após antese, momento em que se colheram os frutos.

Alguns autores observaram aumento do conteúdo de K com o avançar da fase de formação dos frutos, mostrando que a partição de K para os frutos aumenta nas fases finais de formação. MORAES & CATANI (1964) verificaram que o acúmulo de 72 % do conteúdo de K total do fruto ocorreu nos últimos 120 dias de formação do fruto em um ciclo reprodutivo de 210 dias; RAMIREZ et al. (2002) determinaram em um ciclo reprodutivo de 240 dias que 93% do K total foi acumulados nos 180 dias finais, sendo o período de 90 a 120 dias após a floração responsável pelo acúmulo de 52% do K total; CHAVES (1982) observou aumento no acúmulo de K nos frutos de cafeeiro das variedades Catuaí até 210 dias após o aparecimento do chumbinho em um ciclo reprodutivo de 252 dias.

Aos 224 dias após a floração os maiores valores da concentração de K nos frutos foram observados no nível alto de adubação nas variedades Acaíá e Catuaí e no nível adequado de adubação na variedade Rubi. Os menores valores foram encontrados no nível baixo de adubação nas variedades Acaíá e Rubi e no nível adequado de adubação na variedade Catuaí, indicando que o nível de adubação, assim como outros fatores, influenciou na composição final dos frutos.

As concentrações de K encontradas nos frutos das variedades nos níveis de adubação aos 224 dias após a antese variaram entre 1,92 a 2,19 dag/kg. Estes resultados estão abaixo dos encontrados em frutos maduros por alguns autores: 2,70 dag/kg (MORAES & CATANI, 1964); 2,21 dag/kg (CATANI et al., 1965); 2,33 dag/kg (CATANI et al., 1967); 2,97 dag/kg (CHAVES, 1982) e 2,22 dag/kg (RAMIREZ et al., 2002).

As concentrações de K no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 19) das variedades Acaíá, Rubi e Catuaí

apresentaram padrões de curvas diferenciados. O teor foliar de K na variedade Acaiá aumentou no início do período reprodutivo de 2,01 dag/kg até 2,36 dag/kg aos 60 dias após a antese. Após este período houve decréscimos nos teores foliares de K desta variedade até 181 dias atingindo a concentração de 2,00 dag/kg. A variedade Rubi apresentou decréscimo na concentração foliar de K do início do período reprodutivo de 2,33 dag/kg, atingindo a mínima concentração aos 158 dias após a antese de 1,90 dag/kg. Aos 224 dias após a antese os teores foliares de K das variedades Acaiá e Rubi foram 2,17 e 1,98 dag/kg respectivamente. A variedade Catuaí não teve variação significativa nos teores foliares de K ao longo do período reprodutivo, apresentando concentração média de K nas folhas de 2,01 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 20), as concentrações de K no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das três variedades apresentaram padrões também diferenciados na variação da concentração de K. A variedade Acaiá teve aumento no teor foliar de K de 2,00 dag/kg no início do período reprodutivo até 2,33 dag/kg aos 69 dias após a antese. Após este período, esta variedade apresentou decréscimo na concentração de K nas folhas até 181 dias, atingindo a concentração de 2,12 dag/kg. A variedade Catuaí apresentou decréscimo nas concentrações foliares de potássio de 1,94 dag/kg para 1,90 dag/kg aos 35 dias. Após este período, esta variedade teve aumento na concentração foliar de K atingindo aos 181 dias a máxima concentração de 2,08 dag/kg. Aos 224 dias após a floração, as concentrações finais de K nas folhas das variedades Acaiá e Catuaí foram 2,23 e 2,02 dag/kg, respectivamente. A variedade Rubi não teve variação significativa nos teores foliares de K ao longo do período reprodutivo, apresentando concentração média de K nas folhas de 1,87 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 21), as concentrações de K no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Rubi e Catuaí aumentaram no início do período reprodutivo de 1,99 e 2,12 dag/kg até 2,38 e 2,41 dag/kg aos 13 e 8 dias, respectivamente. Após este período, houve decréscimo nos teores foliares de K nestas variedades até 1,79 e 1,72 dag/kg aos 155 e 128 dias após a antese. Aos 224 dias após a floração as variedades Rubi e Catuaí apresentaram as concentrações no 3º e 4º pares de folhas de 1,96 e 2,21 dag/kg respectivamente. A variedade Acaiá teve decréscimos de

2,52 dag/kg no início do período reprodutivo até 2,08 dag/kg aos 224 dias após a antese.

Os padrões diferenciados das curvas de variação da concentração foliar de K no 3º e 4º pares de folhas ao longo do ciclo reprodutivo entre as variedades e nos níveis de adubação devem-se a diferenças genéticas e a remobilização e intensidade de dreno do nutriente nas diferentes condições. CHAVES (1982) encontrou padrão da variação de K nas folhas ao longo do ciclo reprodutivo de cafeeiro da variedade Catuaí semelhante aos ocorridos com as variedades Rubi e Catuaí no nível alto de adubação. Este autor verificou diminuição nos teores foliares de K de 3,30 dag/kg para um mínimo 1,99 dag/kg dos 21 aos 150 dias após o aparecimento do chumbinho, havendo aumento na concentração foliar de K até os 252 dias. Já SOUZA (1972) encontrou resultados semelhantes ao observado na variação dos teores de K nas folhas da variedade Acaíá no nível alto de adubação.

No momento da floração, as variedades Acaíá e Catuaí apresentaram os maiores teores de K nas folhas no nível alto de adubação, enquanto a variedade Rubi apresentou este valor no nível baixo de adubação. Os menores teores foram observados no nível adequado de adubação para todas as variedades. As concentrações de K encontradas nesse momento variaram entre 1,87 e 2,52 dag/kg. Com exceção do teor de K nas folhas da variedade Acaíá no nível alto de adubação, os valores observados neste trabalho estão abaixo dos encontrados por MALAVOLTA et al. (2002), que verificaram concentrações foliares de K no momento da floração de 2,44 e 2,89 dag/kg nas variedades Catuaí e Mundo Novo.

Aos 224 dias após a floração, observou-se comportamento diferenciado entre variedades quanto aos níveis de adubação. Desta forma, as variedades Acaíá, Rubi e Catuaí exibiram maior teor foliar de K nos níveis adequado, baixo e alto, respectivamente. As menores concentrações foliares deste nutriente foram observadas nos níveis alto adequado e baixo, para as variedades Acaíá, Rubi e Catuaí.

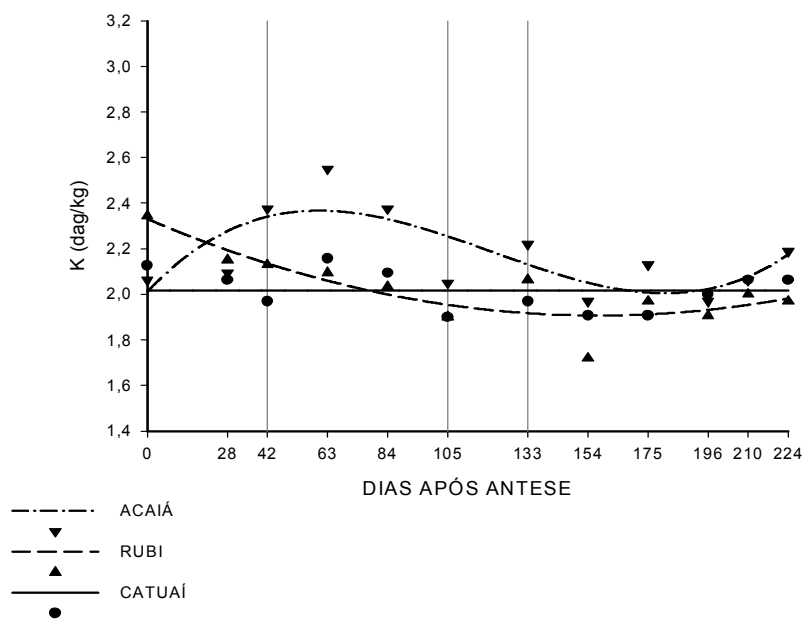
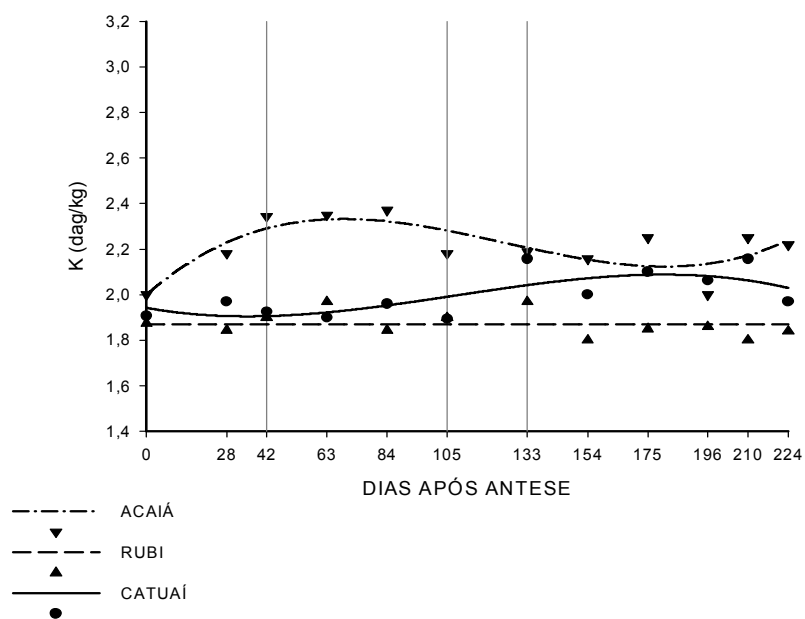


Figura 19 – Concentração de potássio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.



** e ° significativos a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Figura 20 – Concentração de potássio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

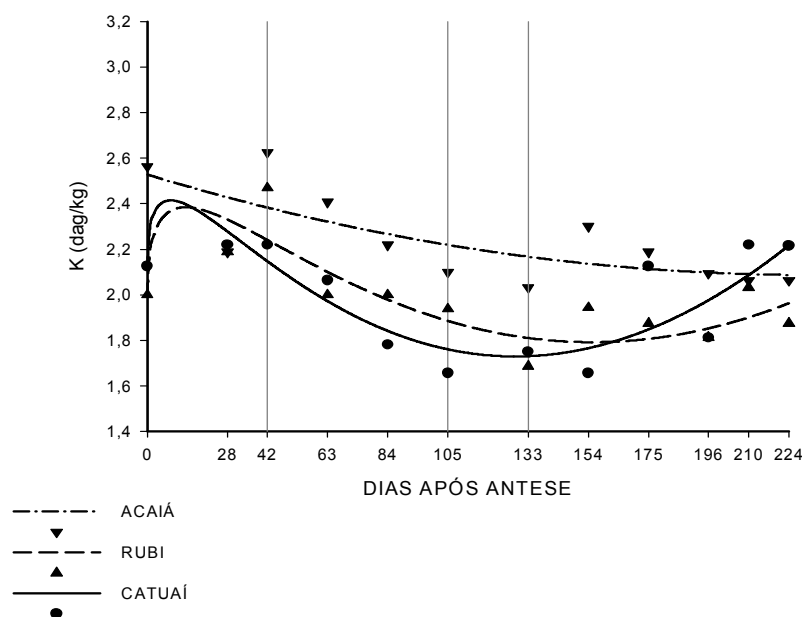


Figura 21 – Concentração de potássio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

Os resultados encontrados com a variedade Catuaí são semelhantes aos verificados por GALLO et. al. (1999) que observaram aumento nos teores foliares de K com doses de adubação de até 160 kg/ha de K_2O . Como já comentado neste trabalho, a diferença entre as variedades e nos níveis de adubação devem-se às características genéticas, intensidade de dreno e da taxa de remobilização de K na planta para a produção de frutos (Quadro 4), sendo este nutriente considerado de alta mobilidade (MARSCHNER 1995).

Os teores foliares finais encontrados neste estudo variaram entre 1,87 a 2,23 dag/kg. Esses teores são bem superiores aos encontrados por ALVARENGA et al. (1980) no momento da maturação dos frutos de 0,90 e 1,05 dag/kg nas variedades de cafeeiro Mundo Novo e Catuaí.

Verificou-se ao final do período reprodutivo que as concentrações de K nas folhas da variedade Acaiá foram superiores às iniciais no nível baixo e adequado de adubação. A variedade Rubi apresentou recuperação dos teores iniciais somente no nível adequado de adubação no qual não se verificou variação, enquanto a variedade Catuaí recuperou os teores iniciais de K nas folhas em todos os níveis de adubação.

QUADRO 10 – Equações de regressão da concentração de potássio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,011 + 0,0133*x + 0,000147**x^2 + 0,000000409*x^3$	0,586
Rubi	$\hat{y} = 2,330 - 0,00538**x + 0,0000170**x^2$	0,735
Catuaí	$\hat{y} = y = 2,017$	
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,000 + 0,0110** - 0,00011**x^2 + 0,000000296**x^3$	0,632
Rubi	$\hat{y} = y = 1,87$	
Catuaí	$\hat{y} = 1,942 - 0,00228^{0,21}x + 0,0000386^{\circ}x^2 - 0,000000119^{\circ}x^3$	0,542
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 2,528 - 0,0038^{\circ}x + 0,000000,21x^2$	0,557
Rubi	$\hat{y} = 1,997 + 0,214*x^{0,5} - 0,0373**x + 0,00152*x^{1,5}$	0,647
Catuaí	$\hat{y} = 2,125 + 0,224*x^{0,5} - 0,0481**x + 0,00225**x^{1,5}$	0,696

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

4.5. Dinâmica de cálcio em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de Ca observadas no nível baixo de adubação (Fig. 22) aumentaram de 0,81, 0,70 e 0,72 dag/kg na floração para 1,36, 1,31, e 1,30 dag/kg aos 28 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. A partir destes períodos houve decréscimos nas concentrações de Ca até 84 dias após a floração. Após esta mínima concentração, houve um leve incremento na concentração de Ca nos frutos das variedades até 0,28, 0,29 e 0,32 dag/kg aos 140, 134 e 144 dias após a floração. Aos 224 dias, as concentrações finais de Ca nos frutos das variedades foram de 0,19, 0,20 e 0,21 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 23) as concentrações de Ca nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,96, 0,99 e 0,83 dag/kg a partir da floração até 1,17, 1,08 e 0,99 dag/kg, aos 28, 30 e 33 dias após a antese respectivamente. Após esse período, nessas variedades, houve decréscimos da concentração de Ca até 84 dias após a floração. A partir deste momento, não se observou variação significativa na concentração de Ca nos frutos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, atingindo-se as concentrações finais de 0,24, 0,25 e 0,26 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 24) as concentrações de Ca no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,83, 0,86 e 0,79 dag/kg a partir da floração até 1,02, 1,14 e 1,11 dag/kg, aos 28 dias após a antese, respectivamente. A partir destes períodos houve decréscimos na concentração de Ca no fruto até 84 dias após a antese nas respectivas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí. Após os 84 dias após a floração, observou um novo incremento na concentração de Ca nos frutos até 0,30 e 0,29 dag/kg aos 118 e 119 dias

nas variedades Acaiá e Catuaí. A variedade Rubi apresentou decréscimos na concentração de Ca nos frutos dos 84 aos 224 dias após a floração, atingindo a concentração final de 0,22 dag/kg. Já as variedades Acaiá e Catuaí apresentaram aos 224 dias após a floração a concentração de 0,21 e 0,18 dag/kg.

As concentrações iniciais de Ca nas flores das variedades estudadas variaram entre 0,70 a 0,99 dag/kg e estão acima da faixa de referência determinada por MARTINEZ et al. (2001) que foi de 0,12 a 0,22 dag/kg e da concentração encontrada por RAMIREZ et al. (2002) que verificou teor de 0,74 dag/kg em flores cafeeiro da variedade Caturra. Considerando a flor como um indicador do diagnóstico nutricional pode-se inferir que as plantas estudadas estavam bem nutridas em Ca, mesmo no nível baixo de adubação. MALAVOLTA et al. (2002) constataram que as flores constituem um forte dreno temporário de nutrientes, extraíndo pelas variedades Catuaí e Mundo Novo 26,2 e 25,26 % do Ca total contido na planta, respectivamente.

As curvas de variações de Ca no fruto do cafeeiro corroboram com SOUZA (1972), o qual estudando as variações nas concentrações de elementos minerais na variedade Mundo Novo após o aparecimento do chumbinho, verificou decréscimos nas concentrações de Ca no fruto durante toda a fase de expansão até meados de dezembro, quando observou uma constância nos teores de Ca. Esses resultados também estão de acordo aos de CHAVES (1982) que estudando as variações nos teores de nutrientes minerais na variedade Catuaí, constatou diminuição do teor de Ca até 131 dias após o aparecimento do chumbinho, sendo que posteriormente houve um ligeiro acréscimo na concentração de Ca.

MALAVOLTA et al. (2002) estudando macronutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro, observaram que os teores de Ca nas flores foram superiores em relação a outras partes analisadas. Resultado semelhante foi verificado por MORAES e CATANI (1964), que pesquisando o acúmulo de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento observaram que as concentrações de Ca foram maiores na flor que no fruto em qualquer outro estágio da maturação. Tal comportamento não foi observado neste experimento em que as maiores concentrações de Ca ocorreram nos frutos, independente da variedade e do nível de adubação empregado.

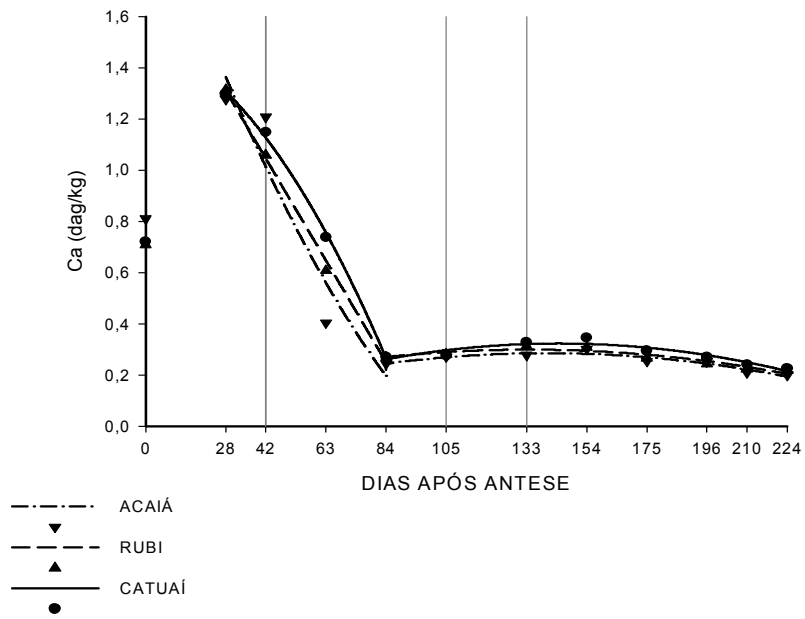


Figura 22 – Concentração de cálcio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

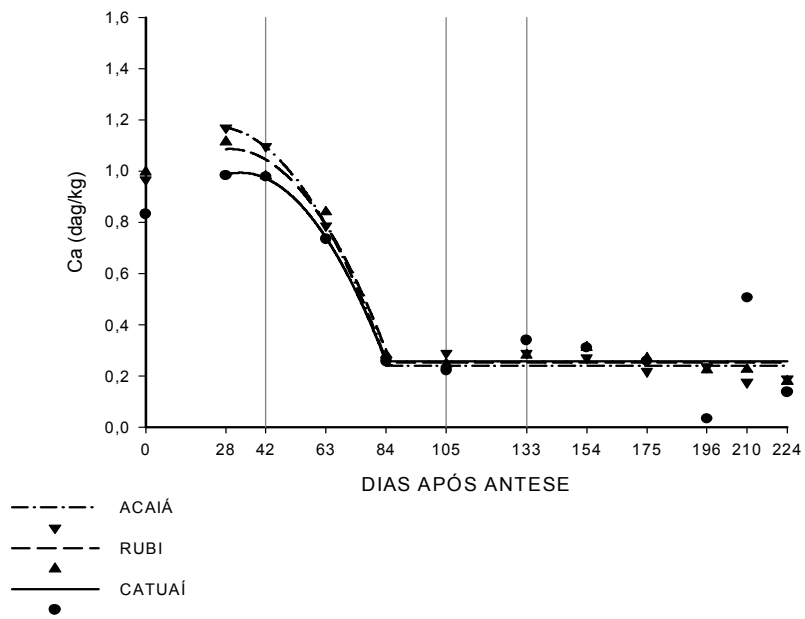


Figura 23 – Concentração de cálcio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

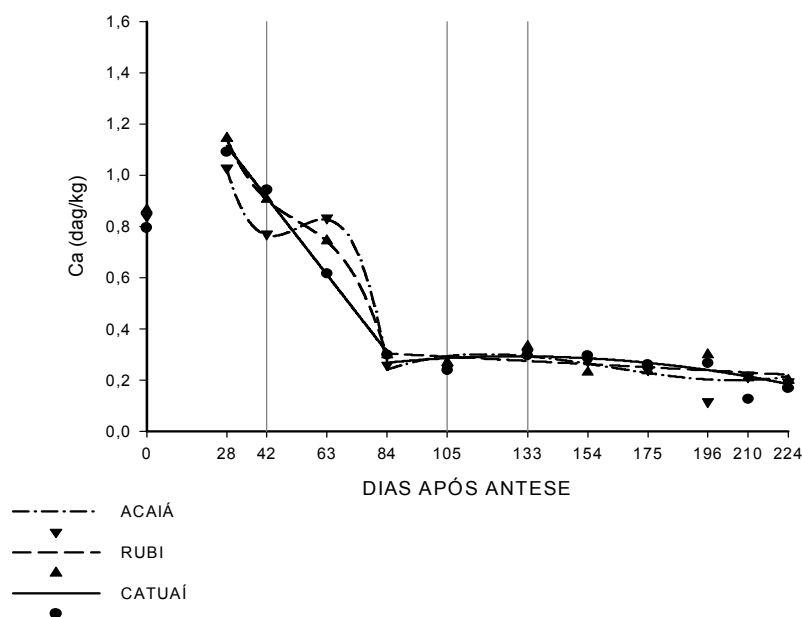


Figura 24 – Concentração de cálcio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

Neste estudo, as maiores concentrações de Ca das variedades ocorreram no estágio de chumbinho do fruto, e as variedades apresentaram tendência de apresentarem as maiores concentrações máximas no nível baixo de adubação. As maiores concentrações de Ca neste estágio pode estar relacionada ao pequeno crescimento do fruto, mesmo que esteja sob altas taxas de divisão celular (RENA et al. 2001), havendo efeito de concentração do elemento.

Na fase de Rápida Expansão, em que está havendo acúmulo de matéria seca nos frutos (Fig. 1, 2 e 3) e altas taxas de crescimento absoluto (Quadro 3), houve forte diluição do conteúdo de Ca e, conseqüente, redução da concentração de Ca nestes órgãos.

Nos estádios de crescimento suspenso e granação-maturação que se estendem dos 105 aos 224 dias após a antese, observou-se pouca variação nas concentrações de Ca no fruto. Verifica-se que a taxa de absorção de Ca nestes estágios aumentou de forma a permitir pouca variação nas concentrações desse elemento nos frutos das variedades estudadas, apesar de estar havendo deposição de matéria seca no fruto. De acordo com SOUZA

(1972) a pouca variação nestas fases pode estar relacionada ao aumento da absorção de Ca. RAMIREZ et al. (2002) verificaram que 64 % do Ca foi acumulado pelos frutos do cafeeiro Caturra ocorreram de 60 a 120 dias após a floração, sendo que, 34 % do acúmulo total de Ca deu-se até os 90 dias após a floração, momento este em que o fruto alcançou aproximadamente 80% do tamanho máximo.

QUADRO 11 – Equações de regressão da concentração de cálcio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 2,187 - 0,0322^{**}x + 0,000101^{0,13}x^2$	0,953
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0321 + 0,00362^{0,18}x - 0,0000126^{0,13}x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 1,840 - 0,0189^{**}x$	0,997
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0922 + 0,00310^{0,25}x - 0,000116^{0,18}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 1,508 - 0,00341^{0,65}x - 0,000135x^2$	0,998
	84-24 dias	$\hat{y} = 1,234 + 0,0163x - 0,0000560x^2$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 1,0246 + 0,0123^{0,59}x - 0,000255x^2$	0,990
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,24$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,855 + 0,0156^{0,29}x - 0,000246x^2$	0,983
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,25$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,678 + 0,0190^{0,19}x - 0,000286x^2$	0,872
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,26$	
Nível Alto de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 4,0248 - 0,194^{**}x + 0,00377^{**}x^2 - 0,0000237^{**}x^3$	0,988
	84-24 dias	$\hat{y} = - 0,780 + 0,0226^{0,16}x - 0,000150^{0,17}x^2 + 0,00000031^{0,19}x^3$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 2,710 - 0,0943x + 0,00166x^2 - 0,0000105x^3$	0,991
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,353 - 0,000586x$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 1,516 - 0,0143^{**}x$	0,987
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0915 + 0,00311^{0,24}x - 0,0000120^{0,16}x^2$	

** , * e ° , significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

No momento em que o fruto atingiu o ponto de colheita, no estágio de cereja, constatou-se nas variedades uma tendência de haver maior concentração de Ca no nível adequado de adubação. Os teores de Ca nos frutos em diferentes níveis de adubação foram iguais ou superiores ao encontrados por RAMIREZ et al. (2002), que constatou teores de 0,24 dag/kg em frutos maduros de cafeeiro da variedade Caturra.

As concentrações de Ca no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 25) das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram do início do período reprodutivo de 1,27, 1,55 e 1,28 dag/kg até 0,72, 0,67 e 0,83 dag/kg aos 93, 82 e 79 dias, respectivamente. Após este período, houve recuperação dos teores foliares iniciais, sendo atingidas aos 224 dias as concentrações foliares de 0,81, 0,98 e 1,02 dag/kg para as respectivas variedades .

No nível adequado de adubação (Fig. 26), as concentrações de Ca no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram no início do período reprodutivo de 1,07, 1,12 e 1,21 dag/kg até 0,75, 0,78 e 0,68 dag/kg aos 85, 74 e 80 dias, respectivamente. Após este período, houve recuperação dos teores foliares iniciais, atingindo aos 224 dias as concentrações foliares foram de 0,79, 1,10 e 0,88 dag/kg para as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente.

No nível alto de adubação (Fig. 27), as concentrações de Ca no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram no início do período reprodutivo de 0,79, 0,92 e 0,95 dag/kg até 0,60, 0,69 e 0,63 dag/kg aos 52, 47 e 17 dias, respectivamente. Após este período, houve recuperação dos teores foliares iniciais nas mesmas variedades cujas folhas atingiram aos 186, 188 e 200 dias após a antese as concentrações máximas de 0,94, 1,23, 1,11 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares foram de 0,84, 1,10 e 1,10 dag/kg para as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente.

O padrão das curvas da variação de Ca nas folhas do 3º e 4º pares dos ramos produtivos diferenciou-se do encontrado por SOUZA (1972), o qual observou aumento contínuo da concentração de Ca nas folhas do 3º e 4º pares de ramos produtivos da variedade Mundo Novo, que tenderam a aproximar-se dos valores das folhas do 7º e 8º pares. Esses resultados também diferiram

dos encontrados por CHAVES (1982), o qual verificou que os teores de Ca das folhas de ramos com frutos, aumentaram com a época de amostragem até 153 dias após o aparecimento do chumbinho, com redução após este período. Este autor sugeriu que até 153 dias foi o período de maior absorção e acumulação na planta. Apesar de ter encontrado um padrão na variação de Ca diferente, este autor verificou que as concentrações mais baixas aconteceram no início da formação do fruto, análogo ao que aconteceu com as variedades nos três níveis de adubação empregados neste trabalho.

No momento da floração, observou-se que os teores de Ca nas folhas foram maiores nos níveis baixo e adequado de adubação, sendo as menores concentrações observadas no nível alto de adubação. Isto pode estar relacionado à floração mais intensa que pode ter acontecido no nível alto de adubação, ocorrendo maiores demandas e diluição do nutriente. Além disso, o calcário possui baixa solubilidade e reação lenta no solo (ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999) e poderia não ter havido disponibilização suficiente do Ca aplicado via calcário até então. Outra justificativa estaria no fato da produção de frutos da safra anterior ter demandado mais Ca, deixando as plantas dos níveis adequado e alto de adubação com menores teores foliares do elemento. Além disso, os maiores níveis de adubação também receberam maiores níveis de N na safra anterior, o que se reflete no pH mais baixo observado no nível alto de adubação (Quadro 2).

As menores concentrações de Ca no 3º e 4º pares de folhas variaram entre 0,60 a 0,83 dag/kg. Estes valores estão abaixo das concentrações adequadas referidas por MALAVOLTA et al. (1977), entre 1,3 a 1,5 dag/kg e determinadas por MARTINEZ et al. (2003) para região de Viçosa, entre 0,92 a 1,20 dag/kg na fase compreendida entre o florescimento e expansão rápida. Isto indica que ao longo do desenvolvimento do fruto o suprimento de Ca pode atingir concentrações inadequadas para satisfazer as exigências nutricionais das variedades.

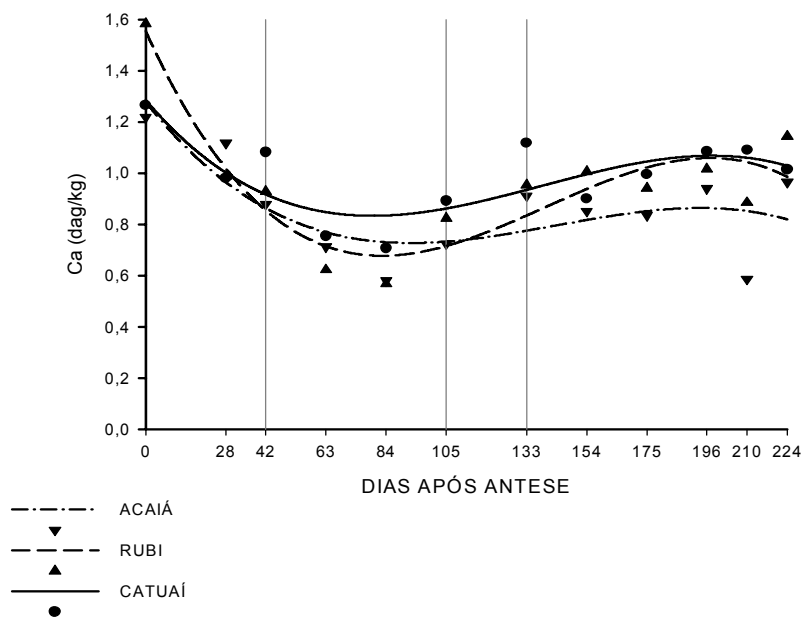


Figura 25 – Concentração de cálcio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

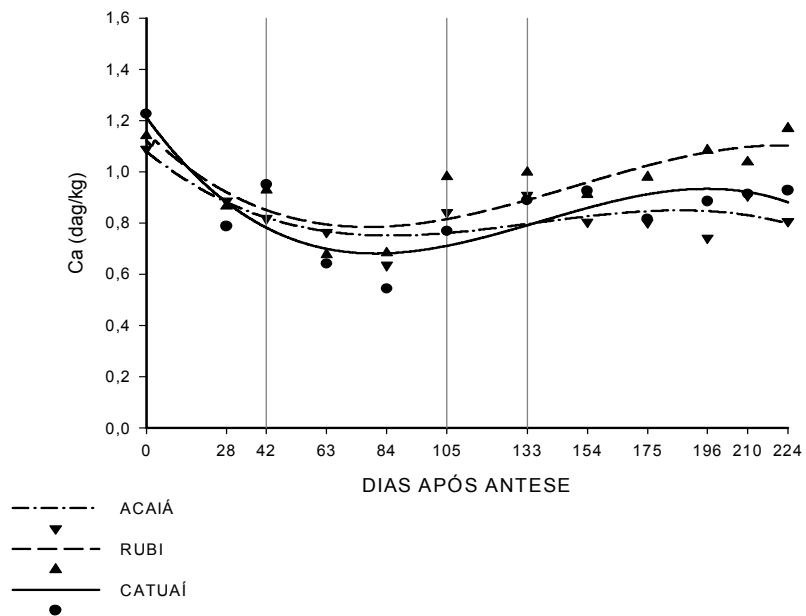


Figura 26 – Concentração de cálcio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

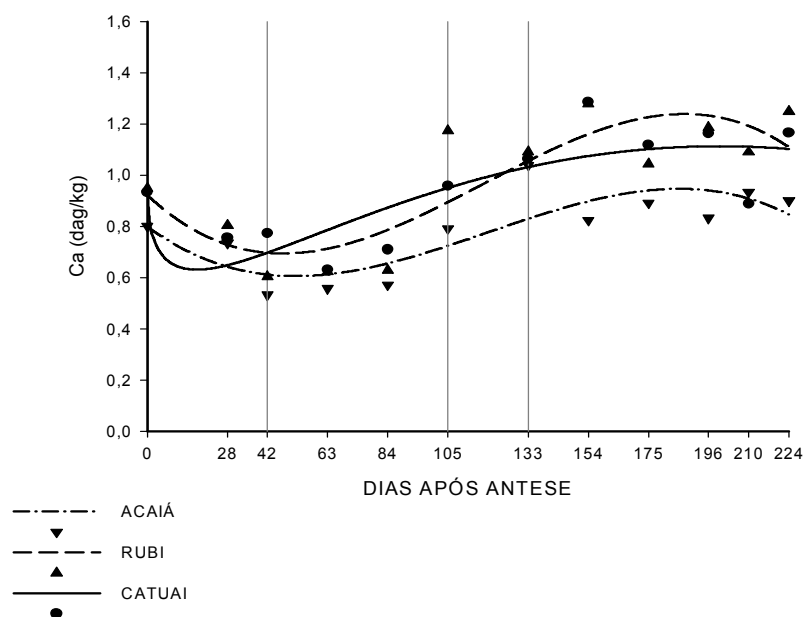


Figura 27 – Concentração de cálcio em folhas de café em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

No nível alto de adubação as menores concentrações de Ca no 3º e 4º pares dos ramos produtivos ocorreram em menor tempo que no nível baixo e adequado de adubação. No entanto, observa-se recuperação mais rápida da depleção de Ca das folhas no início do período reprodutivo, favorecido, provavelmente, por maiores teores do elemento no solo em função da gradativa disponibilização de Ca para esta condição de adubação. Apesar disso, as concentrações foliares de Ca no nível alto de adubação foram inferiores às concentrações desse elemento no nível adequado de adubação, sendo nas variedades Acaiá e Catuaí esses valores foram inferiores também aos apresentados no nível baixo de adubação. Há de salientar que para estas duas variedades ocorreu grande diferença nas produtividades alcançadas nestas duas condições de fertilização. Além disso, com exceção para variedade Catuaí no nível alto de adubação, as concentrações mínimas de Ca nas folhas das variedades ocorreram na fase de rápida expansão do fruto, fase esta que apresentou as maiores taxas de crescimento relativo (Quadro 3).

Após atingirem a mínima concentração, houve um novo aumento na concentração de Ca nas folhas das variedades até que se atingisse uma

máxima concentração do elemento. Esta máxima concentração ocorreu nos estádio de granação-maturação do fruto, estádio este em que se acredita que houve maior dreno de Ca para os órgãos reprodutivos. Sendo assim, pode-se verificar que não somente a intensidade de dreno dos frutos é responsável por um aumento da taxa de absorção do elemento, mas também outros fatores da planta que proporcionaram também o aumento da concentração do elemento

QUADRO 12 – Equações de regressão da concentração de cálcio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 1,279 - 0,0141 * x + 0,000113 * x^2 - 0,000000264 * x^3$	0,583
Rubi	$\hat{y} = 1,555 - 0,0247 ** x + 0,000212 ** x^2 - 0,000000507 ** x^3$	0,838
Catuaí	$\hat{y} = 1,285 - 0,0131 ** x + 0,000116 * x^2 - 0,000000280 * x^3$	0,631
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 1,079 - 0,00908 ** x + 0,0000777 * x^2 - 0,000000191 * x^3$	0,612
Rubi	$\hat{y} = 0,121 - 0,0102 * x + 0,0000923 * x^2 - 0,000000209 * x^3$	0,689
Catuaí	$\hat{y} = 1,212 - 0,0153 ** x + 0,000135 ** x^2 - 0,000000326 * x^3$	0,715
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,799 - 0,00820 * x + 0,000101 * x^2 - 0,000000284 * x^3$	0,655
Rubi	$\hat{y} = 0,923 - 0,0105 * x + 0,000139 * x^2 - 0,000000395 * x^3$	0,702
Catuaí	$\hat{y} = 0,951 - 0,170 * x^{0,5} + 0,0265 * x - 0,000968 * x^{1,5}$	0,643

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

nas folhas.

Aos 224 dias as concentrações foliares de Ca no nível alto de adubação apresentaram os maiores valores. À medida que o período reprodutivo avançou as reações com o calcário no solo foram se tornando mais efetivas, disponibilizando maior quantidade do elemento para absorção e transporte para as folhas. Além disso, os frutos foram deixando de ser os drenos preferenciais por nutrientes minerais.

Verificou-se ao final do período reprodutivo que somente as concentrações de Ca nas folhas no nível alto de adubação foram superiores aos valores observados no início do período reprodutivo. Nos níveis baixo e adequado de adubação, as concentrações iniciais foram as maiores observadas ao longo do período reprodutivo, superando até mesmo as finais. Isto indica que nestes níveis o fornecimento de Ca pode ter sido inadequado as exigências nutricionais das variedades.

4.6. Dinâmica de magnésio em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de Mg observadas no nível baixo de adubação (Fig. 28), aumentaram de 0,21, 0,12 e 0,21 dag/kg na floração para 0,56, 0,56, e 0,55 dag/kg aos 41, 43, e 28 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. A partir deste período, observou-se decréscimo na concentração de Mg nos frutos até 79 dias após a antese na variedade Acaiá e até 84 dias após a antese nas variedades Rubi e Catuaí. Após este ponto, observaram-se decréscimos lineares na concentração de Mg nos frutos das variedades Rubi e Catuaí, atingindo aos 224 dias após a antese as concentrações finais de 0,13 e 0,14 dag/kg. Já a variedade Acaiá não apresentou variações significativas na concentração de Mg nos frutos a partir dos 84 dias, permanecendo com a concentração de 0,15 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 29) as concentrações de Mg nos frutos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,21, 0,28 e 0,21 dag/kg a partir da floração para 0,52, 0,58 e 0,57 dag/kg, aos 28 dias, respectivamente. Após atingirem a máxima concentração de Mg nos frutos, observaram-se decréscimos constantes no teor do elemento até 84 dias após a floração. Após este período, as variedades não apresentaram variação significativa na concentração de Mg nos frutos permanecendo aos 224 dias com o teor de 0,15 dag/kg nas variedades Acaiá e Rubi e 0,18 na variedade Catuaí.

No nível alto de adubação (Fig. 30) as concentrações de Mg no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,18, 0,21 e 0,26 dag/kg a partir da floração até 0,51, 0,49 e 0,52 dag/kg, aos 28 dias após a floração, respectivamente. A partir deste período, observou-se decréscimo na

concentração de Mg nos frutos das variedades até 84 dias após a floração. Após os 84 dias após a floração, as variedades Acaiá e Catuaí apresentaram um leve aumento na concentração de Mg nos frutos até 0,21 e 0,18 dag/kg aos 175 e 122 dias após a antese, respectivamente. Aos 224 dias a concentração final de Mg nos frutos destas variedades foi de 0,13 e 0,11 dag/kg. A variedade Rubi não apresentou variações significativas de Mg nos frutos a partir dos 84 dias após a floração, permanecendo com a concentração final de 0,14 dag/kg.

As concentrações de Mg nas flores das variedades Acaiá e Rubi apresentaram maiores valores no nível adequado de adubação, sendo este valor para a variedade Rubi bem acima do encontrado no nível baixo de adubação. A variedade Catuaí apresentou a maior concentração de Mg na flor no nível alto de adubação.

Com exceção da variedade Rubi, no nível baixo de adubação, as concentrações de Mg nas flores foram acima da faixa adequada determinada por MARTINEZ et al. (2001) entre 0,16 a 0,20 dag/kg. Isto indicou que as variedades nos níveis de adubação estavam bem nutridas com relação ao Mg. Porém, estão abaixo das citadas por RAMIREZ et al. (2002) que observaram concentração de 0,32 dag/kg em flores de cafeeiro da variedade Caturra. Além disso, MALAVOLTA et al. (2000) estudando macronutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro, observaram que os teores de Mg nas flores foram superiores em relação a outras partes analisadas (folhas, tronco e ramos).

As curvas de concentrações de Mg nos frutos apresentaram o mesmo padrão, independente do nível de adubação e da variedade empregada. MORAES e CATANI (1964) observaram um padrão diferenciado, encontrando maiores concentrações de Mg nas flores que no fruto em qualquer outra fase de formação analisada.

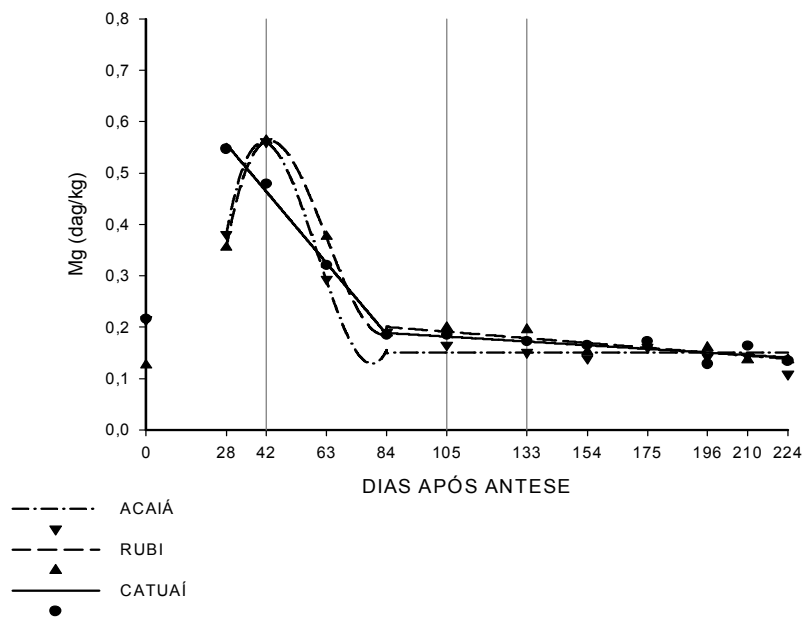


Figura 28 – Concentração de magnésio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

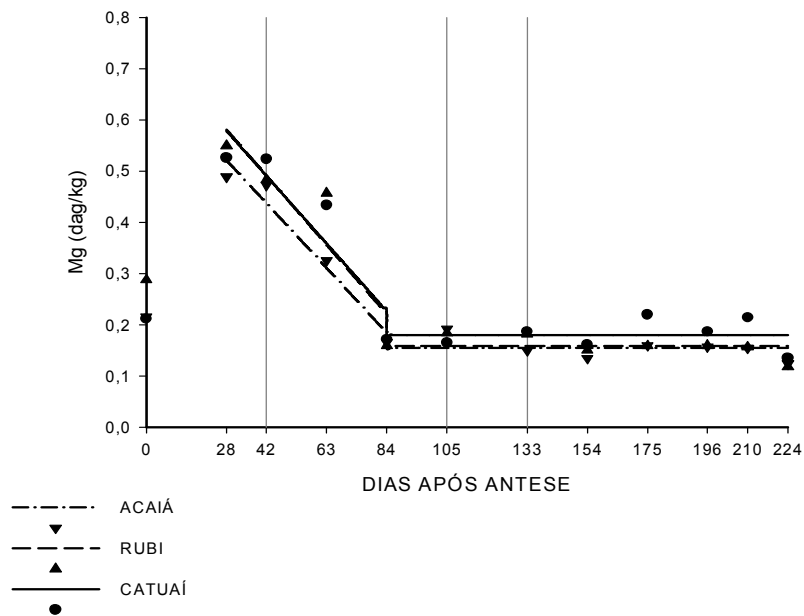


Figura 29 – Concentração de magnésio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

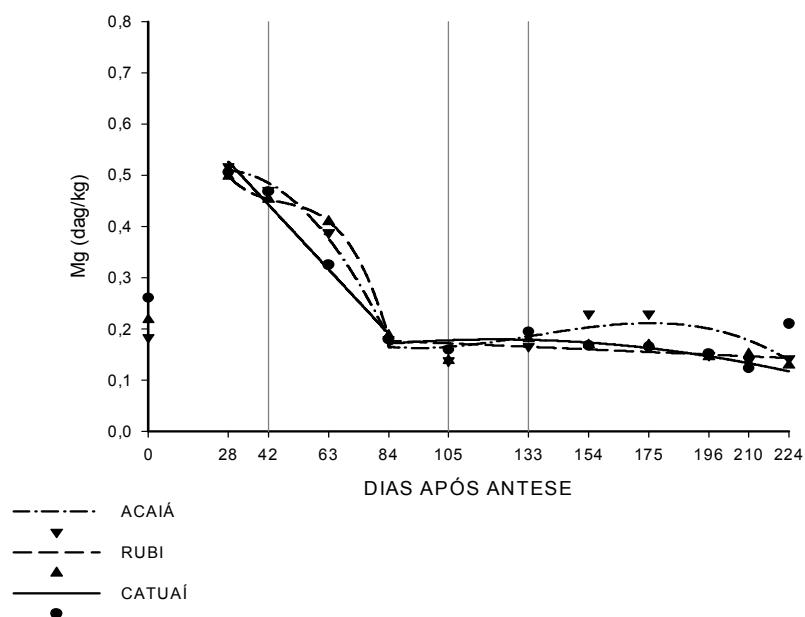


Figura 30 – Concentração de magnésio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

O padrão das curvas de variações nas concentrações de Mg nos frutos das variedades está de acordo ao encontrado por SOUZA (1972), o qual verificou decréscimos nas concentrações de Mg durante toda a fase de expansão do fruto até meados de dezembro, quando observou uma constância nos teores de Mg na variedade Mundo Novo. Os resultados encontrados também se assemelham aos de CHAVES (1982) o qual constatou diminuição do teor de Mg até 106 dias após o aparecimento do chumbinho, sendo que posteriormente houve aumento na concentração de Mg em frutos de cafeeiro da variedade Catuaí.

As variedades Rubi e Catuaí apresentaram os maiores valores das concentrações de Mg no nível adequado de adubação enquanto para a variedade Acaiá este valor foi obtido no nível alto de adubação. No entanto, as maiores concentrações sempre ocorreram em meados do estágio de chumbinho do fruto. Neste estágio, de acordo com RENA et al. (2001) o fruto está sob intensa divisão celular, porém com pequeno crescimento, o que pode explicar a maior concentração de Mg nesta fase, pelo efeito de concentração do elemento.

QUADRO 13 – Equações de regressão da concentração de magnésio em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = -2,000 + 0,151^{**}x - 0,00281^{**}x^2 + 0,0000157^{**}x^3$	0,979
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,15$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = -1,760 + 0,130^{**}x - 0,00229^{**}x^2 + 0,0000121^{**}x^3$	0,995
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,237 - 0,000444^{\circ}x$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,741 - 0,00661^{**}x$	0,993
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,217 - 0,000341^{0,18}x$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = 0,690 - 0,00602^{0,11}x$	0,969
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,15$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,461 - 0,00644^{\circ}x$	0,929
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,15$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,754 - 0,00628^{\circ}x$	0,920
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,18$	
Nível Alto de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = 0,444 + 0,00502^{0,13}x - 0,0000970^{**}x^2$	0,966
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,506 - 0,00889^{0,21}x + 0,0000727^{0,13}x^2 - 0,00000018^{\circ}x^3$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,941 - 0,0292^{0,13}x + 0,000597^{\circ}x^2 - 0,00000424^{*}x^3$	0,990
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,197 - 0,000241^{\circ}x$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,694 - 0,00599^{**}x$	0,938
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0911 + 0,00145^{0,22}x - 0,00000597^{0,11}x^2$	

** , * e ° , significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Na fase de rápida expansão, em que o fruto está sob altas taxas de crescimento absoluto (Quadro 3) e acúmulo de matéria seca (Fig. 1, 2 e 3), houve diluição do Mg acumulado e, conseqüente, redução da concentração do elemento no fruto das variedades. No entanto, o efeito de diluição foi reduzido ainda no estágio de rápida expansão, aos 84 dias após a floração. Isto se deve,

principalmente, devido a um aumento da taxa de translocação de Mg para os frutos das variedades.

Nos estádios seguintes de crescimento suspenso, granação-maturação, observou-se pouca ou nenhuma variação nas concentrações de Mg nos frutos. Verifica-se que, apesar de estar havendo deposição de matéria seca no fruto, o acúmulo de Mg nos frutos foi proporcional ao seu crescimento, permitindo pouca variação na concentração deste nutriente nestas fases. De acordo com SOUZA (1972) a pouca variação nestas fases pode estar relacionada ao aumento da absorção de Mg. Ramirez et al. (2002) verificaram que 62% do Mg total foi acumulado pelos frutos do cafeeiro Caturra de 60 a 120 dias após a floração, sendo que, 36 % do acúmulo total de Mg ocorreu aos 90 dias após a floração, momento este em que o fruto alcançou aproximadamente 80% do tamanho máximo.

Aos 224 dias constatou-se que as variedades Acaiá e Catuaí apresentaram concentrações inferiores de Mg nos frutos no maior nível de adubação. No entanto, na variedade Catuaí, as menores concentrações de Mg foram encontradas no nível baixo de adubação. Constata-se que outros fatores, além da nutrição mineral, também influenciam na composição mineral dos frutos de cafeeiro. Os teores de Mg nos frutos das variedades em todos os níveis de adubação estão próximos ao encontrado por RAMIREZ et al. (2002), que foi de 0,16 dag/kg em frutos maduros da variedade Caturra.

As concentrações de Mg no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 31) das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram de 0,25, 0,33 e 0,24 dag/kg no início do período reprodutivo até 0,19, 0,24 e 0,18 dag/kg aos 92, 70 e 16 dias, respectivamente. Após este período, houve recuperação dos teores foliares iniciais de Mg, sendo atingidos aos 224 dias as máximas concentrações foliares de 0,36, 0,35 e 0,39 dag/kg para as variedades estudadas.

No nível adequado de adubação (Fig. 32), as concentrações de Mg no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram de 0,25, 0,29 e 0,26 dag/kg no início do período reprodutivo até 0,21, 0,24 e 0,23 dag/kg aos 53, 50 e 51 dias, respectivamente. Após este período, nas mesmas variedades, ocorreu recuperação dos teores

foliares iniciais de Mg, atingindo aos 224 dias as máximas concentrações foliares de 0,34, 0,38 e 0,37 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 33), as concentrações de Mg no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram de 0,23, 0,25 e 0,24 dag/kg no início do período reprodutivo até 0,18, 0,22 e 0,21 dag/kg aos 42, 36 e 31 dias, respectivamente. Após este período, houve recuperação dos teores foliares iniciais de Mg, nas mesmas variedades, que atingiram aos 213, 209 e 195 as concentrações máximas de 0,39, 0,43, 0,39 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares de Mg foram de 0,39, 0,42 e 0,37 dag/kg para as variedades estudadas.

O padrão da curva de variação de Mg nas folhas do 3º e 4º pares de ramos produtivos diferenciou-se do encontrado por SOUZA (1972) que observou aumento constante nos teores de Mg nas folhas do 3º e 4º pares durante toda a fase reprodutiva do cafeeiro da variedade Mundo Novo. Porém, se aproximou do encontrado por CHAVES (1982) que verificou diminuição nas concentrações de Mg em folhas no início do período reprodutivo até 62 dias após o início do aparecimento do chumbinho. Posteriormente houve aumento nas concentrações de Mg nas folhas.

No momento da floração, as folhas das variedades estudadas apresentaram menores concentrações de Mg no nível alto de adubação, porém a variedade Catuaí apresentou o mesmo valor no nível baixo de adubação. No nível alto de adubação podem ter ocorrido floradas mais intensas e com isto maior competição e remobilização de Mg. Além disso, poderia não ter havido até então disponibilização satisfatória de Mg no solo, devido o calcário apresentar, de acordo com ALVAREZ V. & RIBEIRO, (1999) reação lenta no solo e baixa solubilidade.

Com exceção para variedade Catuaí, o tempo para atingir as menores concentrações de Mg no 3º e 4º pares de folhas dos ramos produtivos foi menor no nível adequado de adubação em relação ao nível baixo. Assim como, no nível alto de adubação, para todas as variedades, o tempo foi menor em comparação ao nível adequado de adubação. Dessa forma, pode-se verificar que ao fornecer maior nível de adubação, a recuperação da depleção de Mg nas folhas do 3º e 4º pares dos ramos produtivos foi mais rápida.

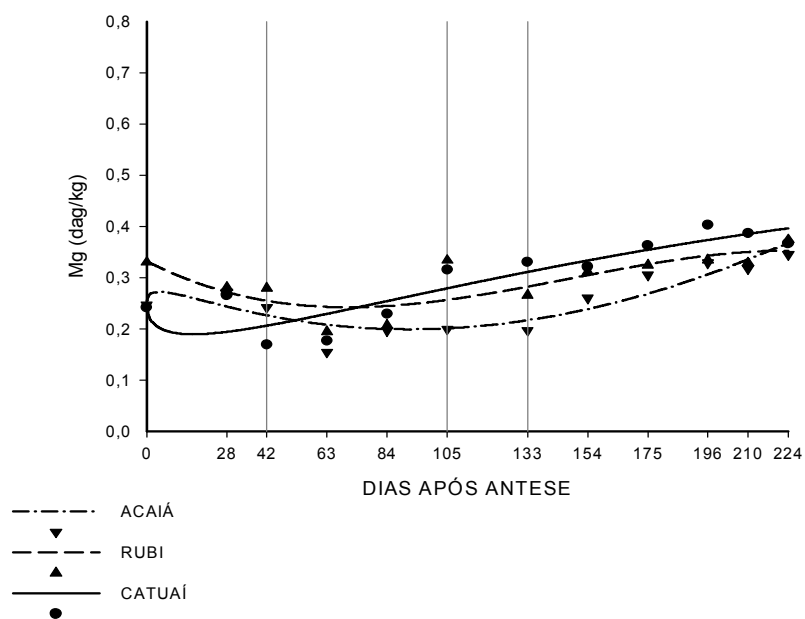


Figura 31 – Concentração de magnésio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

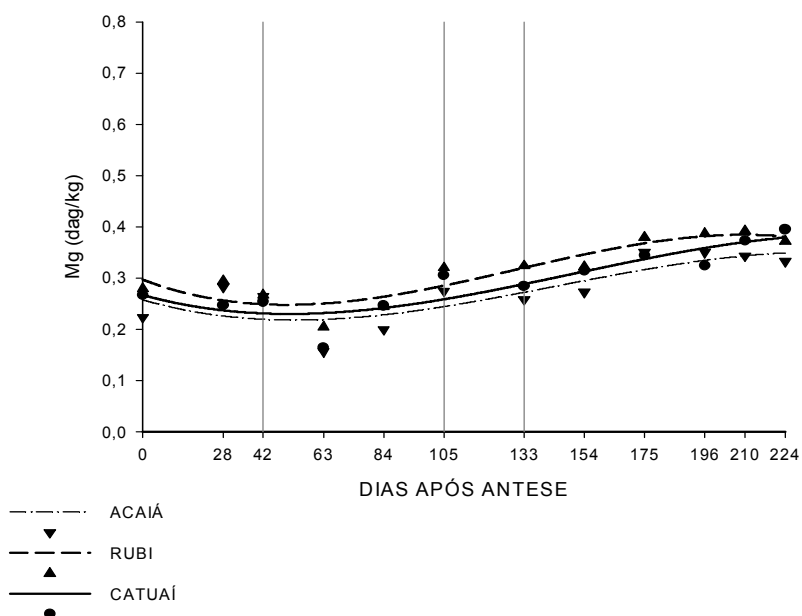


Figura 32 – Concentração de magnésio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

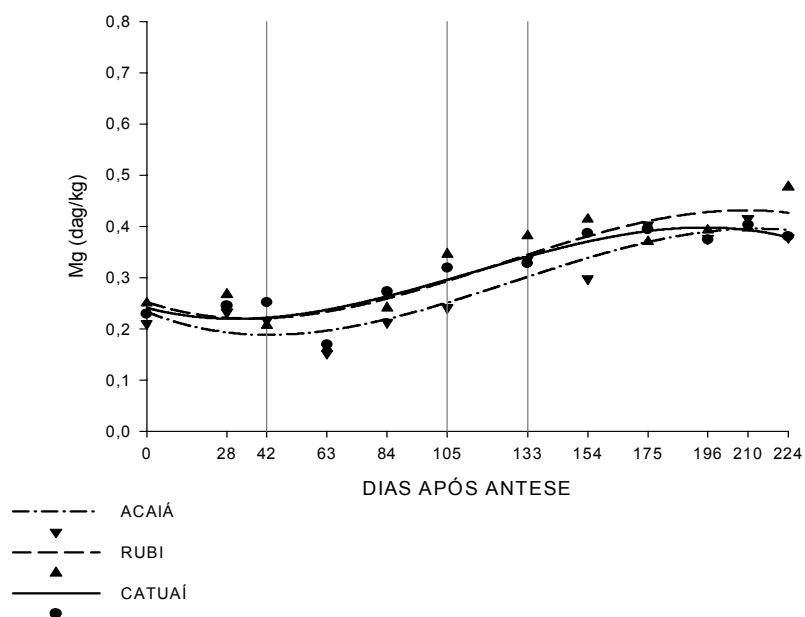


Figura 33 – Concentração de magnésio em folhas de café em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

Em geral, o momento que as folhas apresentaram a menor concentração de Mg está próximo ao momento em que se observaram as maiores concentrações de Mg nos frutos. Neste momento pode ter havido alguma competição nutriente, ou mesmo, remobilização de Mg das folhas para os frutos. Além disso, observou-se um aumento na concentração de Mg nas folhas das variedades nas fases finais de formação do fruto. No entanto, as evidências apontam para um aumento do acúmulo de Mg nos frutos nestas épocas. Sendo assim, o aumento da absorção de Mg pelas raízes nesta época não está impulsionado somente pela intensidade de dreno dos frutos, mas também por outros fatores fisiológicos que regulam a alocação do nutriente também em folhas.

As menores concentrações de Mg nas folhas do 3º e 4º pares variaram entre 0,18 a 0,24 dag/kg. Estes valores estão abaixo da faixa de concentração considerada como adequada por MARTINEZ et al. (2003) de 0,35 a 0,56 dag/kg. Dessa forma, pode-se concluir que no momento que foram obtidas as menores concentrações, o suprimento de Mg estava inadequado para satisfazer as exigências nutricionais das variedades. Além disso, pode-se

verificar que a recuperação de Mg nas folhas só ocorreu após a fase de rápida expansão do fruto, fase esta em que se observaram as maiores taxas de crescimento absoluto dos frutos (Quadro 3).

QUADRO 14 – Equações de regressão da concentração de magnésio em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,251 + 0,0211^{0,13}x^{0,5} - 0,00612*x + 0,000349*x^{1,5}$	0,815
Rubi	$\hat{y} = 0,332 - 0,00286*x + 0,0000267*x^2 - 0,0000000605*x^3$	0,632
Catuaí	$\hat{y} = 0,248 - 0,0312^{\circ}x^{0,5} + 0,00463^{0,13}x - 0,000125^{0,24}x^{1,5}$	0,804
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,257 - 0,00161^{0,15}x + 0,0000187^{0,13}x^2 - 0,0000000435^{0,18}x^3$	0,830
Rubi	$\hat{y} = 0,297 - 0,00212*x + 0,0000262*x^2 - 0,0000000672^{0,14}x^3$	0,832
Catuaí	$\hat{y} = 0,267 - 0,00154^{0,11}X + 0,0000182*X^2 - 0,0000000^{0,14}X^3$	0,798
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,233 - 0,00226*X + 0,0000319*X^2 - 0,0000000*X^3$	0,889
Rubi	$\hat{y} = 0,252 - 0,00188^{0,15}X + 0,0000303^{\circ}X^2 - 0,0000000^{\circ}X^3$	0,811
Catuaí	$\hat{y} = 0,241 - 0,00147^{0,11}X + 0,0000275*X^2 - 0,0000000813*X^3$	0,878

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Aos 224 dias as concentrações de Mg nas folhas das variedades Acaiá e Rubi apresentaram os maiores valores no nível alto de adubação. No entanto, para a variedade Catuaí os resultados foram inversos, apresentando o maior valor de concentração no nível baixo de adubação. Pode-se constatar que a concentração de Mg nas folhas da variedade Catuaí foi maior no nível de adubação em que se obteve a menor produtividade (Quadro 4). Porém, comparando com as concentrações foliares no momento da floração pode-se averiguar que ao final do período reprodutivo as concentrações finais de Mg nas três variedades, independente do nível de adubação, foram superiores às

iniciais. Assim pode-se inferir que o fornecimento de Mg foi adequado no suprimento nutricional das variedades em todos os níveis de adubação.

4.7. Dinâmica de enxofre em folhas, flores e frutos de cafeeiro

As concentrações de S nos frutos observadas no nível baixo de adubação (Fig. 34) aumentaram de 0,18, 0,17 e 0,17 dag/kg na floração para 0,28, 0,26, e 0,23 dag/kg aos 40, 28, e 37 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí, respectivamente. Após este período, as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí apresentaram decréscimo na concentração de S nos frutos até 76, 84, 76 dias após a antese, respectivamente. As variedades Rubi e Catuaí, após atingirem esta mínima concentração, apresentaram um novo aumento na concentração de S nos frutos até 0,14 dag/kg aos 137 e 140 dias após a antese. Estas variedades aos 224 dias após a antese apresentaram a concentração final de S nos frutos de 0,10 dag/kg. A variedade Acaiá não apresentou variações significativas na concentração de S nos frutos após os 84 dias após a antese, permanecendo com a concentração na última amostragem de 0,12 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 35) as concentrações de S nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,24, 0,18 e 0,20 dag/kg a partir da floração até 0,26, 0,22 e 0,22 dag/kg, aos 5, 10 e 5 dias após a antese respectivamente. Em seguida, as variedades apresentaram um decréscimo na concentração de S até 77, 75 e 73 dias após a antese nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí. Após este período, observou-se nas variedades Rubi e Catuaí um novo aumento na concentração de S nos frutos até 0,14 dag/kg aos 138 e 147 dias após a antese. Na última amostragem, estas variedades, apresentaram as respectivas concentrações finais de 0,11 e 0,12 dag/kg. A variedade Acaiá, não apresentou variações significativas na concentração de S

nos frutos após os 84 dias após a antese, apresentando, na última amostragem, a concentração de S nos frutos de 0,13 dag/kg.

No nível alto de adubação (Fig. 36) as concentrações de S no fruto das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram de 0,18, 0,19 e 0,13 dag/kg a partir da floração até 0,21, 0,22 e 0,22 dag/kg, aos 28, 30 e 33 dias após a antese, respectivamente. Após atingirem o ponto de máxima concentração, as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí apresentaram decréscimo no teor de S nos frutos até 84, 74 e 79 dias após a antese. Ao atingirem esta mínima concentração, as variedades Acaiá, Rubi e Catuaí apresentaram um novo aumento na concentração de S nos frutos até 0,13, 0,14 e 0,14 dag/kg aos 144, 126 e 135 dias após a antese. Aos 224 dias após a antese, as variedades apresentaram as respectivas concentrações de S nos frutos de 0,10, 0,11 e 0,10 dag/kg.

As curvas de variação nas concentrações de S nos frutos ao longo do período reprodutivo das variedades apresentaram o mesmo padrão, independente do nível de adubação empregado. Porém, o padrão encontrado diferenciou-se do determinado por CHAVES (1982), o qual observou aumento no teor inicial de S até 65 dias após o início do aparecimento do chumbinho, atingindo aos 123 dias a mínima concentração com posterior aumento na concentração de S até os 252 dias após o aparecimento do chumbinho.

As concentrações de S na flor das variedades Acaiá e Catuaí apresentaram maiores concentrações no nível adequado de adubação, indicando que estas variedades, neste nível de adubação, estavam com melhor status nutricional em relação ao S no momento da floração em comparação com os demais níveis. Já a variedade Rubi apresentou a maior concentração de S na flor no nível alto de adubação. Pode-se verificar que não somente o nível de adubação influencia na concentração de S na flor das variedades de cafeeiro, mas também outros fatores, como a intensidade de floração.

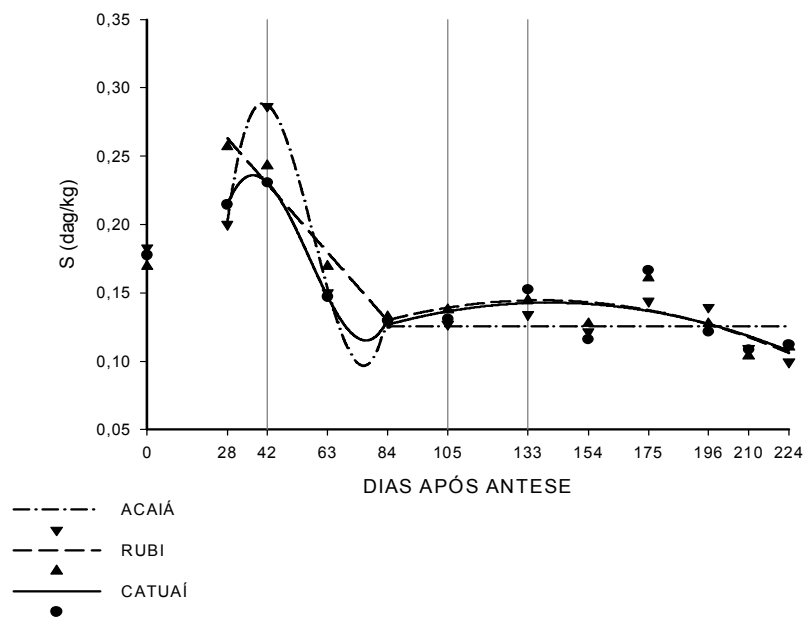


Figura 34 – Concentração de enxofre em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

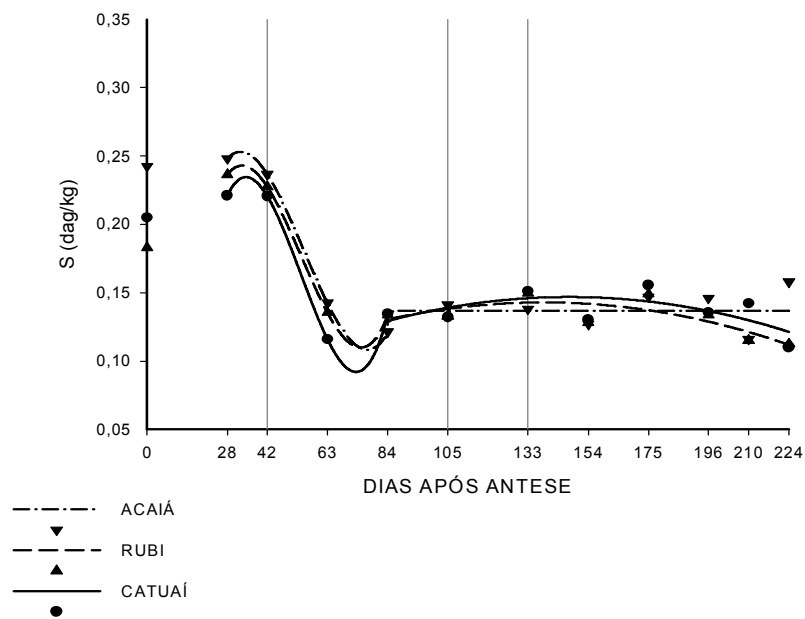


Figura 35 – Concentração de enxofre em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

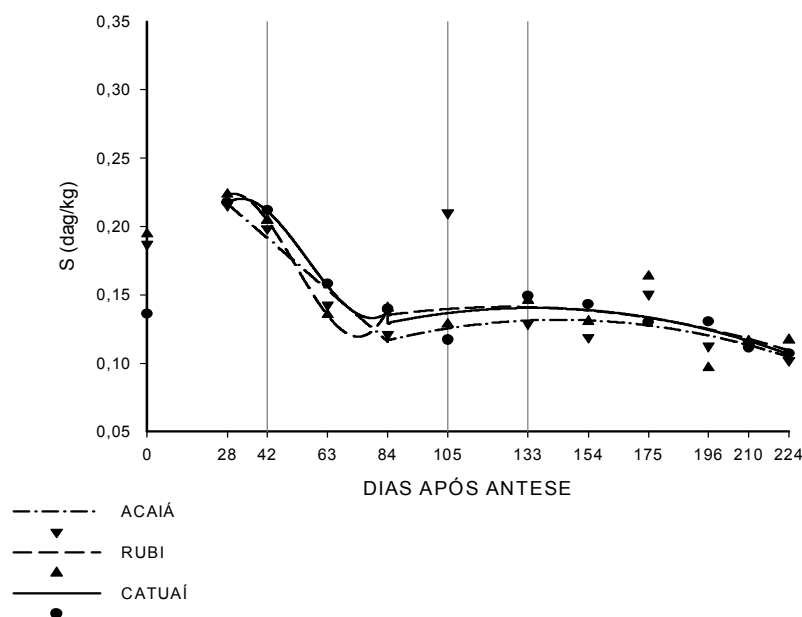


Figura 36 – Concentração de enxofre em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

As concentrações de S encontradas nas flores das variedades nos níveis de adubação variaram entre 0,13 a 0,24 dag/kg. De acordo com MARTINEZ et al. (2001) a faixa adequada de concentração de S na flor do cafeeiro deve estar entre 0,17 a 0,21 dag/kg. Considerando esta faixa, pode-se inferir que somente a variedade Catuaí no nível alto de adubação estava com o teor de S na flor abaixo do limiar adequado e somente a variedade Acaiá no nível adequado de adubação apresentou valor acima deste limiar. Resultados próximos aos apresentados anteriormente de concentração de S foram encontrados por alguns autores. MALAVOLTA et al. (2002) encontrou valores de 0,23 e 0,18 dag/kg em flores das variedades Catuaí e Mundo Novo e RAMIREZ et al. (2002) verificou a concentração de 0,22 dag/kg de S em flores de cafeeiro da variedade Caturra. De acordo com MALAVOLTA et al. (2002) as flores constituem um forte dreno temporário de nutrientes, verificando a extração pelas variedades Catuaí e Mundo Novo de 19,9 e 18,1 % do S total contido na planta no momento da floração.

QUADRO 15 – Equações de regressão da concentração de enxofre em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Intervalo	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = -1,0515 + 0,0807^{**}x - 0,00153^{**}x^2 + 0,00000881^{**}x^3$	0,941
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,12$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,329 - 0,00238^{**}x$	0,946
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0477 + 0,00140^{0,29}x - 0,00000513^{0,23}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = -0,282 + 0,0334^{0,12}x - 0,000671^{0}x^2 + 0,00000395^{0,11}x^3$	0,891
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0429 + 0,00142^{0,28}x - 0,00000506^{0,23}x^2$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = -0,0994 + 0,0251^{0,13}x - 0,000548^{0}x^2 + 0,00000334^{0}x^3$	0,937
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,13$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = -0,147 + 0,0276^{0}x - 0,000602^{0}x^2 + 0,00000373^{*}x^3$	0,974
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0624 + 0,00116^{0,25}x - 0,00000421^{0,20}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = -0,315 + 0,0378^{*}x - 0,000807^{**}x^2 + 0,00000501^{**}x^3$	0,944
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0520 + 0,00128^{0,20}x - 0,00000436^{0,18}x^2$	
Nível Alto de Adubação			
Acaiaá	28-84 dias	$\hat{y} = 0,267 - 0,00180^{**}x$	0,528
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0448 + 0,00120^{0} - 0,00000421^{*}x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,0128 + 0,0163^{0,11}x - 0,000385^{*}x^2 + 0,00000248^{*}x^3$	0,857
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0878 + 0,000846^{0,18}x - 0,00000335^{0}x^2$	
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,0197 + 0,0141^{0,17}x - 0,000305^{0,12}x^2 + 0,00000183^{0,12}x^3$	0,960
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0633 + 0,00114^{0}x - 0,00000425^{*}x^2$	

** , * e ° , significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

As concentrações máximas no fruto apresentaram-se menores no nível alto de adubação. Provavelmente, uma maior carga de frutos chumbinhos no nível alto implicou em uma maior partição de S em relação aos outros níveis de adubação. O maior teor nos frutos das variedades foi observado no nível baixo de adubação. Na máxima concentração os teores e S no fruto variaram de 0,20

a 0,28 dag/kg e estão abaixo de 0,29 dag/kg encontrado por RAMIREZ et al. (2002) em cafeeiro da variedade Caturra no mesmo estádio.

Neste estudo, as maiores concentrações de S nos frutos das variedades ocorreram no estádio de chumbinho. Neste estádio, de acordo com RENA et al. (2001), o fruto está com intensa divisão celular, crescendo em número de células e não em tamanho, o que implica em uma concentração do nutriente acumulado em função do pequeno acúmulo de matéria seca.

No estádio de rápida expansão, foram observados nas figuras 1,2 e 3 um forte acúmulo de matéria seca e uma alta taxa de crescimento absoluto dos frutos (Quadro 3). Isto explica a rápida redução na concentração de S nos frutos das variedades devido ao efeito da diluição do conteúdo do elemento nos frutos. No entanto, a queda na concentração de S nos frutos foi suspensa ainda na fase de rápida expansão, havendo ainda acúmulo de matéria seca. Isto ocorreu, provavelmente, devido a um aumento da taxa de translocação de S para os frutos.

Nas fases seguintes as variedades, de modo geral, apresentaram um aumento na concentração de S nos frutos até atingirem uma máxima concentração no estádio de granação-maturação. No entanto, este estádio apresentou também aumento no acúmulo de matéria seca nos frutos até a última amostragem. Pode-se verificar que mesmo havendo aumento da matéria seca nos frutos, não se observou efeito de diluição do conteúdo de S até que fosse atingida a máxima concentração do elemento nestes órgãos. Desta forma, acredita-se que o ponto de máxima concentração de S nos frutos no estádio de granação-maturação pode ser também o ponto de máxima taxa de translocação de S para os órgãos reprodutivos. Após atingir esta máxima concentração, a taxa de translocação pode ter diminuído e ocorrido um efeito de diluição do conteúdo do elemento nos frutos, o que explica a redução em sua concentração até o momento da colheita. A maior exceção ocorreu para a variedade Acaiá nos níveis baixo e adequado de adubação, a qual não apresentou variações na concentração de S nos frutos no estádio de crescimento suspenso e granação-maturação.

RAMIREZ et al. (2002) verificaram que 70 % do S total acumulado pelos frutos do cafeeiro Caturra ocorreram de 60 a 120 dias após o estádio de floração, sendo que, 43 % do acúmulo total de S ocorreu aos 90 dias após

esse estágio, momento este em que o fruto alcançou aproximadamente 80 % do tamanho máximo.

Aos 224 dias as maiores concentrações de S nos frutos das variedades ocorreram no nível adequado de adubação, sendo que para variedade Rubi o mesmo valor também foi observado no nível alto de adubação. As concentrações de S encontradas nos frutos das variedades nos níveis de adubação aos 224 dias variaram entre 0,12 a 0,13 dag/kg. Estes resultados estão próximos aos encontrados por alguns autores: 0,12 dag/kg (CATANI et al., 1965); 0,09 dag/kg (CATANI et al., 1967) e 0,11 dag/kg (RAMIREZ et al., 2002).

As concentrações de S no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos no nível baixo de adubação (Fig. 37) das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí aumentaram no início do período reprodutivo de 0,20, 0,18 e 0,14 dag/kg até 0,26, 0,22 e 0,17 dag/kg aos 51, 14 e 79 dias, respectivamente. Após este período, houve decréscimo dos teores foliares de S até 192 e 171 dias após a antese nas variedades Acaiá e Rubi. A concentração de S nas folhas da variedade Catuaí apresentou pequena variação havendo decréscimo após atingir a máxima concentração até os 224 dias após a floração. Aos 224 dias a concentração foliar nas variedades estudadas foi de 0,16 dag/kg.

No nível adequado de adubação (Fig. 38), as concentrações de S no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá e Catuaí aumentaram no início do período reprodutivo de 0,14 e 0,13 dag/kg até 0,19 e 0,16 dag/kg aos 61 e 154 dias, respectivamente. A variedade Rubi apresentou comportamento um pouco diferenciado em relação às outras variedades, sendo que o teor de S nas folhas dessa variedade decresceu no início do período reprodutivo de 0,14 dag/kg até 0,13 dag/kg aos 23 dias após a antese. Após este período houve aumento nos teores foliares da variedade Rubi até 162 dias atingindo-se a concentração de 0,19 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares nas respectivas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí foram de 0,15, 0,14 e 0,16 dag/kg.

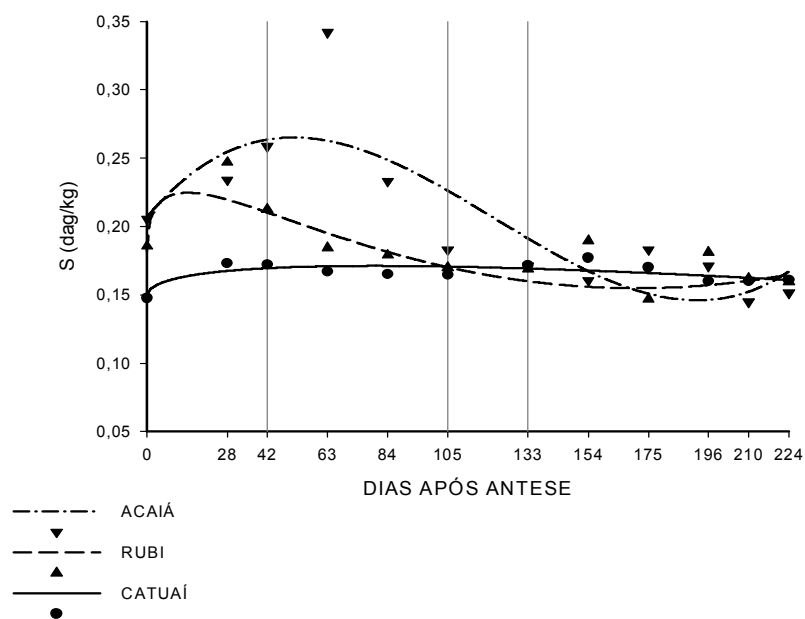


Figura 37 – Concentração de enxofre em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível baixo de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

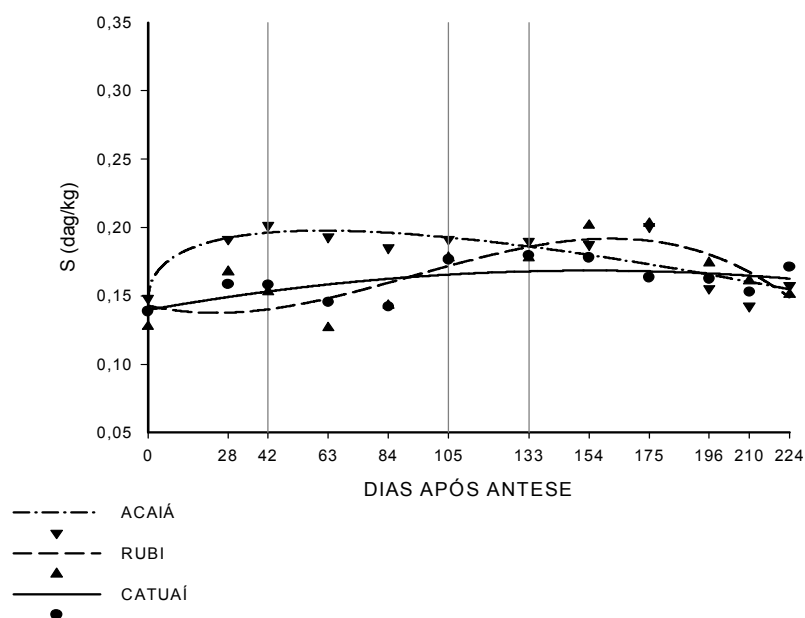


Figura 38 – Concentração de enxofre em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível adequado de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

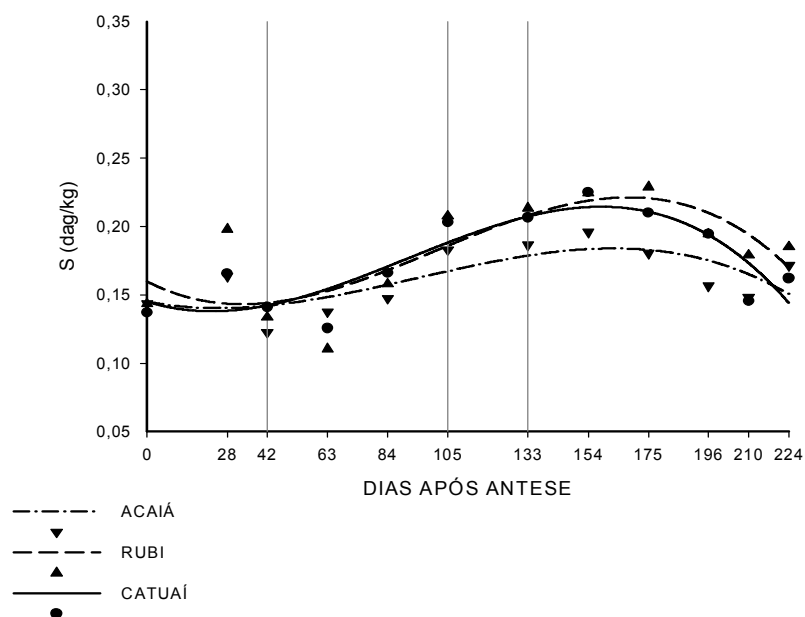


Figura 39 – Concentração de enxofre em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, no nível alto de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

No nível alto de adubação (Fig. 39), as concentrações de S no 3º e 4º pares de folhas de ramos produtivos das variedades Acaiá, Rubi e Catuaí decresceram no início do período reprodutivo de 0,14, 0,15 e 0,14 dag/kg até 0,14, 0,14 e 0,13 dag/kg aos 25, 33 e 23 dias, respectivamente. Após estes períodos houve aumento nos teores foliares de S nas três variedades, atingindo aos 163, 168 e 158 dias as máximas concentrações de 0,18, 0,22 e 0,21 dag/kg. Aos 224 dias as concentrações foliares nas variedades Acaiá, Rubi e Catuaí foram de 0,15, 0,17 e 0,14 dag/kg respectivamente.

De modo geral, o padrão da variação na concentração de S nas folhas das variedades de cafeeiro durante a fase reprodutiva não foi o mesmo nos diferentes níveis de adubação sendo detectadas algumas diferenças. CHAVES (1982) encontrou padrão diferenciado, verificando aumento no teor de S de 0,07 dag/kg aos 21 dias após o aparecimento do chumbinho até um máximo de 0,14 dag/kg aos 95 dias, decrescendo em seguida para 0,11 dag/kg aos 96 dias e aumentando após este período até 252 dias.

QUADRO 16 – Equações de regressão da concentração de enxofre em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, de acordo com o nível de adubação.

Variedades	Equação de Regressão	R ²
Nível Baixo de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,207 + 0,00249*x - 0,0000309*x^2 + 0,000000085*x^3$	0,679
Rubi	$\hat{y} = 0,188 + 0,0253*x^{0,5} - 0,00435*x + 0,000172*x^{1,5}$	0,698
Catuaí	$\hat{y} = 0,148 + 0,00499**x^{0,5} - 0,000279**x$	0,620
Nível Adequado de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,146 + 0,0130**x^{0,5} - 0,000838*x$	0,712
Rubi	$\hat{y} = 0,142 - 0,000473^{0,23}x + 0,0000114*x^2 - 0,0000000*x^3$	0,645
Catuaí	$\hat{y} = 0,139 + 0,000373*x - 0,00000121^{\circ}x^2$	0,406
Nível Alto de Adubação		
Acaiá	$\hat{y} = 0,145 - 0,00040^{0,27}x + 0,00000940^{\circ}x^2 - 0,0000000333^{\circ}x^3$	0,517
Rubi	$\hat{y} = 0,159 - 0,00106^{0,16}x + 0,0000192*x^2 - 0,0000000636*x^3$	0,582
Catuaí	$\hat{y} = 0,145 - 0,000652^{0,18}x + 0,0000165*x^2 - 0,0000000608*x^3$	0,748

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Na floração os maiores teores de S nas folhas das variedades ocorreram no nível baixo de adubação, sendo que a variedade Catuaí apresentou o mesmo valor no nível alto de adubação. Quanto aos menores valores, estes foram observados no nível adequado de adubação para as variedades Rubi e Catuaí e no nível alto de adubação para a variedade Acaiá. Entretanto, as máximas concentrações verificadas neste estudo estão abaixo das encontradas por MALAVOLTA et al. (2002) no momento da floração de 0,19 e 0,24 dag/kg nas variedades Catuaí e Mundo Novo.

O tempo necessário para que fossem atingidas as máximas concentrações foliares de S foi menor no nível baixo de adubação e maior no nível alto de adubação. A partir dessas observações pode-se inferir que à medida que se elevou o nível de adubação houve menor velocidade de acúmulo de S nas folhas.

As maiores concentrações foliares máximas de S foram observados no nível baixo de adubação para as variedades Acaiá e Rubi e no nível alto para

variedade Catuaí. A variedade Rubi apresentou no nível alto de adubação concentração de S igual ao do nível baixo. As menores concentrações máximas foram obtidas no nível adequado de adubação, independente da variedade empregada.

Aos 224 dias as maiores concentrações de S foram observadas no nível baixo de adubação para as variedades Acaiá e Catuaí, sendo que a variedade Catuaí apresentou o maior teor no nível adequado de adubação. A variedade Rubi apresentou a maior concentração de S nas folhas no nível alto de adubação. Quanto às menores concentrações, estas foram obtidas no nível alto de adubação para as variedades Acaiá e Catuaí e no nível adequado de adubação para a variedade Rubi. Pode-se verificar que não somente o nível de adubação influencia as concentrações foliares de S, mas também, outros fatores como a intensidade de dreno dos frutos. As maiores concentrações foliares de S nas variedades Acaiá e Catuaí no nível baixo podem estar relacionadas à menor produtividade neste nível de adubação (Quadro 4).

Verificou-se ao final do período reprodutivo que as concentrações iniciais de S nas folhas foram recuperadas, sendo iguais ou superiores às encontradas no momento da floração das variedades, com exceção para as variedades Acaiá e Rubi no nível baixo de adubação.

5. CONCLUSÕES

De modo geral, os resultados encontrados permitem concluir que:

1. De acordo com as curvas de acúmulo de matéria seca durante formação dos frutos das variedades, foi possível distinguir quatro estádios de formação dos frutos: estágio de chumbinho (0 a 42 dias após a antese), expansão rápida (42 a 105 dias após a antese), crescimento suspenso (105 a 133 dias após a antese) e granação-maturação (133 a 224 dias após a antese).
2. As variedades apresentaram maiores acúmulos de matéria seca, assim como, maiores taxas de crescimento absoluto, nos estádios de rápida expansão e granação-maturação.
3. O acúmulo de matéria seca pelos frutos ocorreu até o momento da colheita.
4. Maiores concentrações dos nutrientes nas flores das variedades não implicaram, necessariamente, em maiores teores finais dos elementos nos frutos.
5. O padrão das curvas de variação dos macronutrientes durante os estádios de formação dos frutos foi semelhante entre as variedades, bem como, nos níveis de adubação.
6. As maiores concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos nas variedades estudadas foram observadas no estágio de granação do fruto, independente do nível de adubação adotado.
7. A concentração de macronutrientes nos frutos das variedades diminuiu durante o estágio de rápida expansão.
8. No estágio de granação-maturação as variedades apresentaram pouca ou nenhuma variação na concentração dos elementos nos frutos. Isto se deve,

provavelmente, a um aumento da taxa de translocação dos nutrientes para os frutos.

9. As variedades apresentaram redução na concentração de N, Ca e Mg no 3º e 4º pares folhas de ramos produtivos entre os estádios de chumbinho e início do estágio de crescimento suspenso.
10. O período em que se atingiu a mínima concentração de N, Ca e Mg no 3º e 4º pares folhas de ramos produtivos foi próximo ao de máxima concentração destes elementos nos frutos.
11. A concentração de N, Ca e Mg nas folhas aumentaram no estágio de granação-maturação, tendo em alguns casos diminuído até os 224 dias após a antese após atingirem uma máxima concentração.
12. A concentração de P nas folhas aumentou até atingir uma máxima concentração em meados da fase de formação do fruto. Aos 224 dias após a antese a concentração de P nas folhas foi próxima à ocorrida no momento da floração.
13. A variação de K e S nas folhas do 3º e 4º pares de ramos produtivos das variedades ao longo do período reprodutivo não apresentaram um padrão regular como verificado para os outros nutrientes.
14. As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, e S em folhas, flores e frutos não foram influenciadas somente pelos níveis de adubação empregados, mas também por outros fatores, como a carga de frutos, que determinam a taxa de distribuição dos elementos minerais nas plantas de cafeeiros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.A.; DUARTE, C.S.; GOMIDE, M.B.. Flutuação de nutrientes nas folhas do cafeeiro (cultivares Mundo Novo e Catuaí) durante a frutificação e maturação. In: 7º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Anais**. Rio de Janeiro : IBC/ GERCA , p. 120-121, 1980.

ALVAREZ V., V.H. e RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 44-60.

AMARAL, J.A.T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. Viçosa, MG:UFV, 1991. 139 p. (Tese – Doutorado-Fitotecnia).

AMARAL, J.F.T. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica**. Viçosa, MG:UFV, 2002. 97p. (Tese de Doutorado – Fitotecnia)

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, D.C., 1975. 1094 p.

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

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73 - 85, 1974.

CAMARGO, A.P.de & CORTEZ, J.G. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. Trabalhos apresentados no 24º. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Rio de Janeiro : PROCAFÉ, 1998.

CAMARGO, A.P. & CAMARGO, M.B.P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, 60(1), 65-68,2001.

CAMARGO, M.B.P. PEDRO JR., M.J.; CAMARGO, A.P.; FAHL, J.I.; FAZUOLI, L.C.; SANTOS, M.A. Modelo agrometeorológico de estimativa da época da plena floração do cafeeiro arábica e condições tropicais. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais**. Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2001. (CD-ROM), p. 173-180.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNES, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p. 71 - 80, 1975.

CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; ALCARDE, J.C.; GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento. **Anais** da E.S.A. "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 24:249-263, 1967.

CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; BERGAMIN, F.H.; GLÓRIA, N.A.; GRANER, C.A.F. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro. *Coffea arabica* variedade Mundo Novo aos dez anos de idade. **Anais** da E.S.A. "Luiz de Queiroz, Piracicaba, 22:81-93, 1965.

CHAVES, J.C.D. **Concentração de nutrientes em frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L. CV. Catuaí).** 1982. 131p. (Tese de Mestrado – Solos e Nutrição de Plantas – ESALQ-USP).

CONAB. **Safra – 2003/2004 final.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safracafe.pdf>>. Acesso em 04 de junho de 2004.

CORRÊA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 13., 1986, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1986. p 35-41.

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

GALLO, P.B.; RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, 58(2):341-351, 1999.

GOUVEIA, N.M. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.: observação sobre antese e maturação dos frutos.** Campinas, 1984. 237p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de biologia, UNICAMP.

GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 289-302.

JACSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1958. 498 p.

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

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens, Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Sao Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 251p., 1980.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro**. São Paulo: Copas Fertilizantes, s.d. 43 p.

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P.; ROMERO, J.P.; NOGUEIRA, F.D. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. XXXVI . Relação entre cálcio e produtividade. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. Resumos. Rio de Janeiro : IBC/ GERCA, 1977. (305p.), p. 44.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICHS, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Brasília-DF, v. 37 n. 7, jul. 2002.

MALAVOLTA, M.; MALAVOLTA, E.; FAVARIM, L.; HEINRICHS, R.; CABRAL, C.P.; OLIVEIRA, J.S. de. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. LXIII. Macro e micronutrientes nos ramos, folhas e flores. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras e 6º. Encontro de Cafeicultores de Marília. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p. 55.

MANTOVANI, E.C., COSTA, L.C. Manual do SISDA 2.0 – Workshop Internacional sobre Manejo Integrado das Culturas e Recursos Hídricos. Viçosa, 1998. 153p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed., New York, Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Vol 38, nº 6, p.703-713, 2003.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5^a Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 144-168.

MARTINEZ, H.E.P ; NEVES, Y.P.; ZABINI, A.V. Diagnóstico do estado nutricional do cafeeiro. In: ZAMBOLIM L. **Produção Integrada de Café**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2003, p.397-1442

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ABADIA, J.B. ALVAREZ V., V.H. e SANZ, M. Diagnose nutricional do cafeeiro por meio de análise de flores. **II Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil**, 2449-2456. 2001.

MATIELLO, J.B. et al. **A moderna cafeicultura nos cerrados**. IBC-GERCA-RJ, 1987, 148p.

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA /PROCAFE, 2002, 387p.

MELOTTO, E. **Mobilização de carboidratos pelos botões florais de café (*Coffea arabica* L.) em expansão**. 1987. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MORAES, F.R.P.de; CATANI, R.A. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento. In: **Reunião Anual da SBPC**. Resumos das comunicações à XVI Reunião Anual da SBPC. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 142, 1964.

PREZOTTI, L.C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001, p.607-615.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquirres, Turrialba, Costa Rica. **Agronomia Costarricense** 26 (1): 33-42. 2002

RENA, A.B. **Adubação de inverno do cafeeiro**. Lavras: Epamig/CBP&D-Café, 2000. 2 p. (Circular Técnica, 120).

RENA, A.B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001, p.101-128.

RENA, A.B.; NACIF, A.P.; GONTIJO, P. de T.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, Londrina, 1994. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. p. 73-85.

SOUZA, V.H.da S. e. **Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café (Coffea arabica L. Var. Mundo Novo)**. 1972. 43p. (Tese de Mestrado – Fisiologia Vegetal – UFV)

APÊNDICE

Quadro 5 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em frutos de três variedades de caféiro (parcela em 11 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível baixo de adubação.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,00798	0,00189	0,01428	0,00070	0,00221	0,00178
VARIEDADES	2	0,16348 ^{ns}	0,00195 ^{ns}	0,1488 ^{ns}	0,01311 ^o	0,00334 ^{ns}	0,00038 ^{ns}
ERRO A	2	0,09425	0,00037	0,00392	0,00128	0,00046	0,00061
ÉPOCA	10	0,88110 ^{**}	0,02602 ^{**}	0,37216 ^{**}	0,88833 ^{**}	0,00302 ^{**}	0,1309 ^{**}
Ep/Acaiá	10	0,31433 ^{**}	0,11360 ^{**}	0,12627 ^{**}	0,31612 ^{**}	0,03862 ^{**}	0,00550 ^{**}
Ep/Rubi	10	0,28980 ^{**}	0,00743 ^{**}	0,14143 ^{**}	0,28375 ^{**}	0,03679 ^{**}	0,00508 ^{**}
Ep/Catuaiá	10	0,35072 ^{**}	0,00882 ^{**}	0,13129 ^{**}	0,30048 ^{**}	0,04166 ^{**}	0,00336 ^{**}
ERRO B	30	0,03565	0,00057	0,01691	0,00195	0,00112	0,00047
CV Variedade		14,55	10,59	2,61	7,66	9,25	16,46
CV Época		8,95	13,07	5,43	9,44	14,39	14,41

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 6 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em folhas de três variedades de caféiro (parcela em 12 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível baixo de adubação.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,00472	0,00821	0,05740	0,00061	0,01179	0,00480
VARIETADES	2	0,04883 ^{ns}	0,00098 ^{ns}	0,18006 ^{ns}	0,10863 ^{ns}	0,01389 ^o	0,00845 ^{ns}
ERRO A	2	0,07358**	0,00137	0,04636	0,02210	0,00091	0,00131
ÉPOCA	11	1,35623	0,00144**	0,07799 ^o	0,21048**	0,02060**	0,00369**
Ep/Acaiaí	11	0,42638**	0,00182**	0,06492 ^{ns}	0,07436**	0,00735**	0,00635**
Ep/Rubi	11	0,42381**	0,00049 ^{ns}	0,04815 ^{ns}	0,13112**	0,00579**	0,00140*
Ep/Catuaiá	11	0,60294**	0,00018 ^{ns}	0,01568 ^{ns}	0,04958*	0,01268**	0,00013 ^{ns}
ERRO B	33	0,03316	0,00046	0,04366	0,02011	0,00196	0,000635
CV Variedade		9,96	24,19	10,40	15,89	10,65	19,72
CV Época		6,69	13,99	10,09	15,16	15,63	13,71

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 7 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em frutos de três variedades de café (parcela em 11 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível adequado de adubação).

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,07180	0,00194	0,06133	0,00366	0,01355	0,00033
VARIETADES	2	0,18922 ^{ns}	0,00085 ^{ns}	0,01659 ^{ns}	0,00261 ^{ns}	0,04582 ^{ns}	0,00030 ^{ns}
ERRO A	2	0,15913	0,00020	0,01026	0,00150	0,01918 ^{**}	0,00017
ÉPOCA	10	0,69975 ^{**}	0,02414 ^{**}	0,36472 ^{**}	0,70993 ^{**}	0,13434	0,00965 ^{**}
Ep/Acaiaí	10	0,34197 ^{**}	0,01132 ^{**}	0,19658 ^{**}	0,28159 ^{**}	0,03665 ^{ns}	0,00390 ^{**}
Ep/Rubi	10	0,21204 ^{**}	0,00652 ^{**}	0,06056 ^{**}	0,23967 ^{**}	0,05129 ^o	0,00353 ^{**}
Ep/Catuaiá	10	0,26423 ^{**}	0,00771 ^{**}	0,18135 ^{**}	0,21420 ^{**}	0,09287 ^{**}	0,00280 ^{**}
ERRO B	30	0,59690	0,00048	0,01499	0,00739	0,02594	0,00027
CV Variedade		12,85	8,61	4,23	8,69	52,08	8,77
CV Época		6,42	13,20	5,11	19,28	60,57	10,97

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 8 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em folhas de três variedades de caféiro (parcela em 12 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível adequado de adubação.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,00043	0,00039	0,11964	0,04856	0,00542	0,00003
VARIETADES	2	0,02332 ^{ns}	0,00142*	0,69228**	0,09871 ^{ns}	0,00951*	0,00225**
ERRO A	2	0,01098	0,00005	0,00651	0,04018	0,00033	0,00000
ÉPOCA	11	2,00019**	0,00184**	0,01642 ^{ns}	0,10545**	0,02177**	0,00155**
Ep/Acaiaí	11	0,59483**	0,00069**	0,02904*	0,02440°	0,00768**	0,00091**
Ep/Rubi	11	0,79846**	0,00077**	0,00617 ^{ns}	0,04867**	0,00726**	0,00126**
Ep/Catuaiá	11	0,76424**	0,00098**	0,01858 ^{ns}	0,05782**	0,00807**	0,00039**
ERRO B	33	0,03107	0,00015	0,01386	0,01109	0,00095	0,00014
CV Variedade		3,72	5,34	3,98	22,74	6,18	1,44
CV Época		6,26	8,73	5,81	11,95	10,49	7,14

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 9 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em frutos de três variedades de café (parcela em 11 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível alto de adubação.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,21318	0,00169	0,0019	0,00080	0,00109	0,00000
VARIETADES	2	0,32427 ^{ns}	0,000249 ^{**}	0,41579*	0,00678 ^{ns}	0,00161 ^{ns}	0,0042 ^{ns}
ERRO A	2	0,07071	0,00000	0,02066 ^{**}	0,00204 ^{**}	0,00024	0,00008
ÉPOCA	10	0,75155 ^{**}	0,02148 ^{**}	0,18217	0,59547	0,11450 ^{**}	0,00792 ^{**}
Ep/Acaiaí	10	0,36951 ^{**}	0,00767 ^{**}	0,08212 ^{**}	0,19377 ^{**}	0,03963 ^{**}	0,00267 ^{**}
Ep/Rubi	10	0,22960 ^{**}	0,00651 ^{**}	0,02872 ^{**}	0,21614 ^{**}	0,03927 ^{**}	0,00292 ^{**}
Ep/Catuaiá	10	0,25090 ^{**}	0,00758 ^{**}	0,10875 ^{**}	0,19845 ^{**}	0,03744 ^{**}	0,00274 ^{**}
ERRO B	30	0,03549	0,000157	0,2037	0,00193	0,00037	0,000109
CV Variedade		11,74	1,27	5,97	10,63	6,51	6,52
CV Época		8,32	8,81	5,93	10,34	8,05	7,25

** , * e ° , significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 10 – Quadrados médios referente da concentração de N, P, K, Ca, Mg, S em folhas de três variedades de cafeeiro (parcela) em 12 períodos de desenvolvimento dos frutos (subparcela) no nível alto de adubação.

QUADRADOS MÉDIOS							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
BLOCOS	1	0,00040	0,00028	0,01032	0,01623	0,01005	0,00060
VARIEDADES	2	0,01601 ^{ns}	0,00055*	0,51578 ^{ns}	0,26439°	0,00812*	0,00243 ^{ns}
ERRO A	2	0,05737	0,00001	0,23094	0,02874	0,00042	0,00081
ÉPOCA	11	1,08638**	0,00098**	0,17498**	0,22667**	0,04341**	0,00542**
Ep/Acaiaí	11	0,36478**	0,00032**	0,07951°	0,05056**	0,04342**	0,00101**
Ep/Rubi	11	0,47197**	0,00025**	0,07714°	0,23597**	0,00812**	0,00284**
Ep/Catuai	11	0,33674**	0,00062**	0,10380*	0,08687**	0,00168**	0,00220**
ERRO B	33	0,04195	0,00010	0,03269	0,00972	0,00100	0,00037
CV Variedade		8,35	2,65	23,30	18,73	6,68	16,55
CV Época		7,14	8,51	8,74	10,89	10,26	11,23

**, * e °, significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.