

DINÂMICA DE P E S EM FOLHAS, FLORES E FRUTOS DE CAFEIEIRO ARÁBICO EM TRÊS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO

DYNAMICS OF P AND S IN LEAVES, FLOWERS AND FRUITS OF ARABIC COFFEE (Coffea arabica L.) USING THREE MANURING LEVELS

Bruno Galvêas LAVIOLA¹; Hermínia Emília Prieto MARTINEZ²; Ronessa Bartolomeu de SOUZA³, Victor Hugo Alvarez VENEGAS⁴

1. Doutorando em Fitotenia, Universidade Federal de Viçosa – UFV 2. Professora, Departamento de Fitotecnia –UFV; 3. Pesquisadora, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA; 4. Professor, Departamento de solos – UFV

RESUMO: A produção do cafeeiro depende, dentre outros fatores, do suprimento e da intensidade de absorção dos nutrientes pelas raízes. O conhecimento do período de maior exigência dos nutrientes minerais pela planta é uma importante informação para melhorar a eficiência das práticas de adubação. O objetivo deste trabalho foi acompanhar a dinâmica de P 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 arábico distribuídas em três ensaios independentes (níveis de adubação baixo, adequado e alto), instalados em blocos ao acaso com duas repetições em um esquema de parcelas subdivididas no tempo. As variedades apresentaram as maiores concentrações de P e S nos frutos no estágio de chumbinho, havendo redução na concentração dos elementos no estágio de expansão rápida. Nos estágio de granação-maturação se observou pequena variação na concentração de P e S nos frutos. 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 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.

PALAVRAS-CHAVE: Fisiologia vegetal. Nutrição mineral. Estádio reprodutivo. Elementos minerais.

INTRODUÇÃO

Apesar de estarem entre os macronutrientes menos requeridos pelo cafeeiro, o P e o S são elementos que merecem uma importância especial por ser comum a carência destes nos solos em que assentam a cultura do café. Além dos solos brasileiros apresentarem uma baixa concentração natural de P, este nutriente é fixado rapidamente pela fração argila formando, principalmente, óxidos de Fe e Al, que são compostos de pouca solubilidade. As deficiências no solo de S são causadas, principalmente, pelo uso contínuo de fórmulas concentradas de adubos, que não possuem S.

As exigências nutricionais do cafeeiro dependem de vários fatores, sendo estes, a variedade empregada, a idade da planta, o estágio fenológico, a carga pendente, a fertilidade do solo, entre outros.

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.

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 e 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 e

Cortez (1998), estas podem adiantar ou atrasar em função do clima e da região.

Alguns autores sugerem que a adubação do cafeeiro deve iniciar antes do florescimento, pois a absorção de nutrientes começa antes da antese floral. 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, 39,0 kg ha⁻¹ de Mg e 5,4 kg ha⁻¹ de S. Porém, 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).

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 e 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 estádio final de crescimento.

Segundo Matiello et al. (2005), 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.

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 P e S em frutos de cafeeiro arábico da antese à maturação e compará-la à dinâmica desses elementos em folhas dos ramos produtivos em três níveis de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante um período de oito meses compreendido entre agosto de 2001 a abril de 2002 em Área Experimental 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 implantado em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, cujas características químicas de podem ser observadas no Tabela 1.

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

Nível Adubação	Prof. (cm)	pH H ₂ O	-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----					V %
			P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	
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

Foram realizados três experimentos, sendo que em cada ensaio, foram utilizadas três variedades de cafeeiro arábico, Catuaí Vermelho IAC-99, Rubi MG-1192 e Acaíá IAC-474-19,

plantadas em blocos ao acaso no espaçamento de 2,0 x 1,0 m. As plantas receberam níveis de adubação e calagem com base na análise do solo designados baixo, adequado e alto desde o plantio.

No ano agrícola de 2001/2002 empregaram-se as

doses apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Adubação empregada no ano agrícola de 2001/2002

Nível de Adubação	Calcário t/ha	Ng/planta.....	P2O5	K2O
Baixo	0,13	42	6,4	25,6
Adequado	0,33	105	16	64
Alto	0,46	147	22	89,6

O calcário foi aplicado a lança superficialmente á lança antecedendo o período chuvoso. Os demais adubos foram parcelados 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; 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, oxiclureto de cobre e cloreto de potássio (como adjuvante), na concentração de 4 g/L de cada adubo.

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 dias 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 e moídos em moinho tipo Wiley, passados em peneira de malha de 0,841 mm e submetidos a análises químicas.

Para determinação dos nutrientes P e S efetuou a digestão nitricoperclórica (JOHNSON; ULRICH, 1959). Posteriormente, determinou-se o P por redução do fosfomobilidato pela vitamina C, conforme descrito por Braga e Defelipo (1974) e o S por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão. Selecionando-se os modelos que mais explicaram fisiologicamente a variação dos teores de P e S em folhas e frutos em função do tempo decorrido após a antese. Para explicar a variação dos elementos nos frutos 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 (R²), 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 t₂ e t₁, respectivamente.

Calcularam-se as taxas 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 (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade Média (sacas/ha de café beneficiado) de três variedades de cafeeiro arábica submetidos a três níveis de adubação.

Nível de Adubação	Variedades		
	Acaíá	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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a fase reprodutiva do cafeeiro, de acordo com Camargo e 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 atingindo, mas com baixo teor de matéria seca.

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 (Tabela 4) apresentaram maiores valores no estádio

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 Acaíá 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 (Tabela 4). Porém, nas outras fases o mesmo nem sempre ocorreu, sendo que as TCAs não foram influenciadas somente pelo maior nível no solo.

Para melhor compreensão dos resultados, as fases fenológicas de desenvolvimento dos frutos estão delimitadas com barras verticais nos gráficos da variação na concentração de P e S nos frutos e folhas das variedades.

As curvas de variação nas concentrações de P e S nos frutos ao longo do período reprodutivo das variedades apresentaram o mesmo padrão, independente do nível de adubação empregado (Figuras 1 e 2). Chaves (1982) verificou diminuição na concentração de P nos frutos de cafeeiro da variedade Catuai 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. O mesmo autor 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.

Tabela 4. 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
	Catuai	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
	Catuai	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
	Catuai	0,264	3,742	-0,350	4,110

As concentrações iniciais de P e S nas flores das variedades estudadas (Figuras 1 e 2) variaram entre 0,16 a 0,20 dag/kg e 0,13 a 0,24 dag/kg. De acordo com Martinez et al. (2003), a faixa adequada de P e S em flores de cafeeiro é de 0,24 a 0,26 dag/kg de P e 0,17 a 0,21 dag/kg de S. 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. Além disso, observou que os teores de P nas flores foram superiores em relação aos verificados em ramos e folhas. Malavolta et al. (2002) constataram que as flores constituem um forte dreno temporário de nutrientes, extraído pelas variedades Catuai e Mundo Novo 29,7 e 31 % do P total e 19,9 e 18,1 % do S total contido na planta, respectivamente.

Os menores valores da concentração máxima de P e S nos frutos das variedades observados no nível alto de adubação (Figuras 1 e 2). Provavelmente, uma maior carga de frutos chumbinhos no nível alto de adubação implicou em uma maior partição de P e S em relação aos outros níveis de adubação.

Neste estudo, as maiores concentrações de P e S nos frutos das variedades ocorreram no estágio de chumbinho (Figuras 1 e 2). Neste estágio, 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.

Na fase de Rápida Expansão (Figuras 1 e 2), em que o fruto está sob altas taxas de crescimento absoluto (Tabela 4), houve forte diluição e redução das concentrações de P e S nos frutos das variedades. A forte redução na concentração de P e S nos frutos das variedades ocorreu até que se atingisse uma mínima concentração. 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.

Nos estádios de granação-maturação (Figuras 1 e 2), que se estendem dos 133 aos 224 dias após a antese, observou-se menor declividade nas curvas da concentração de P e S nos frutos das variedades comparados ao estágio de expansão rápida. Porém, a taxa de crescimento absoluto foi próxima ao estágio de expansão rápida. A menor declividade das curvas da concentração de P e S nos frutos está relacionada ao aumento da translocação de P e S para os frutos das variedades, o que permitiu pequeno efeito de diluição pelo acúmulo de matéria seca (Tabelas 5 e 6). Acredita-se que o ponto de máxima concentração de P e S nos frutos nos estádios de granação-maturação pode ser também o ponto de máxima taxa de translocação dos elementos para os órgãos reprodutivos.

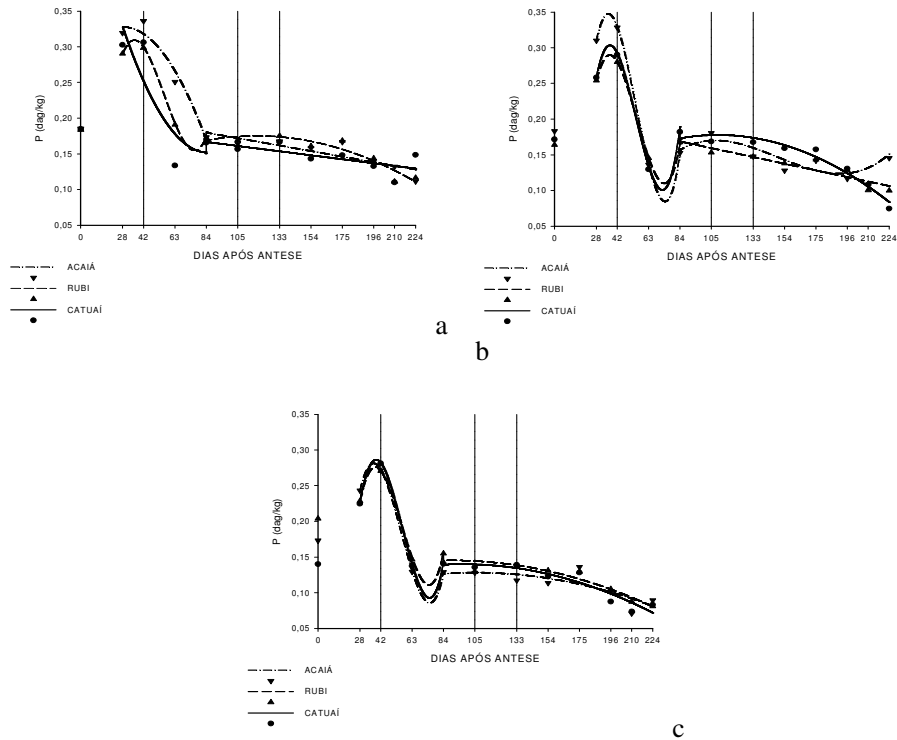


Figura 1. Concentração de fósforo em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, nos níveis baixo (a), adequado (b) e alto (c) de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

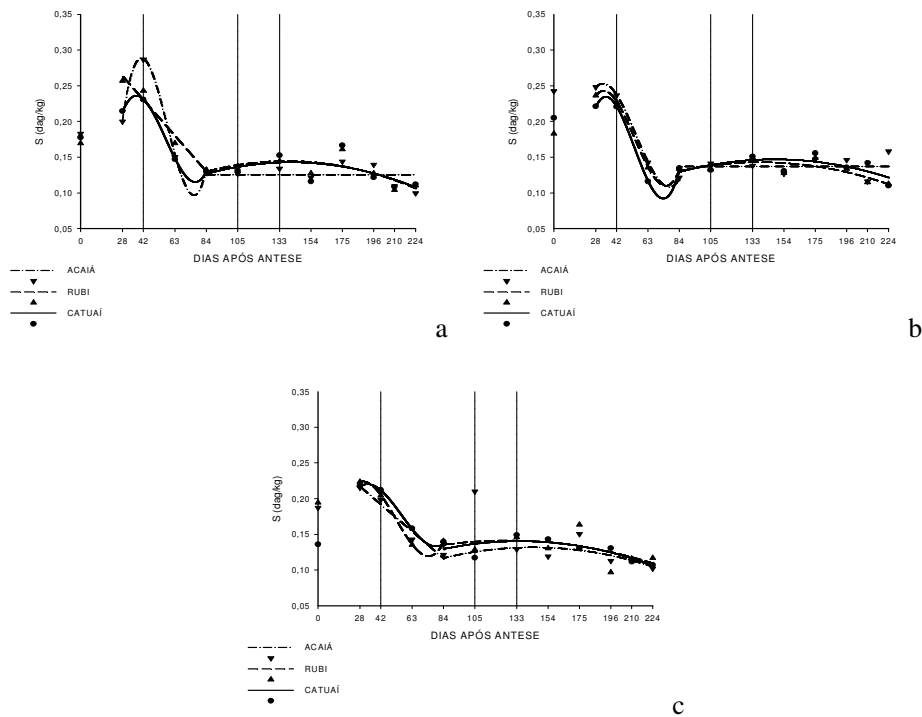


Figura 2. Concentração de enxofre em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, nos níveis baixo (a), adequado (b) e alto (c) de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

Tabela 5. 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			
Acaiá	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	$\hat{y} = 0,0975 + 0,00132^{0,63}x - 0,00000566^{0,22}x^2$	
Nível Adequado de Adubação			
Catuaí	28-84 dias	$\hat{y} = 0,543 - 0,00925*x + 0,0000546^{0,13}x^2$	0,847
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,188 - 0,000266^{0,14}x$	
Acaiá	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			
Acaiá	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

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

Tabela 6. 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			
Acaiá	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	$\hat{y} = - 0,282 + 0,0334^{0,12}x - 0,000671^{\circ}x^2 + 0,00000395^{0,11}x^3$	0,891
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0429 + 0,00142^{0,28}x - 0,00000506^{0,23}x^2$	
Nível Adequado de Adubação			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,0994 + 0,0251^{0,13}x - 0,000548^{\circ}x^2 + 0,00000334^{\circ}x^3$	0,937
	84-24 dias	$\hat{y} = y = 0,13$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = - 0,147 + 0,0276^{\circ}x - 0,000602^{\circ}x^2 + 0,00000373*x^3$	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			
Acaiá	28-84 dias	$\hat{y} = 0,267 - 0,00180**x$	0,528
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0448 + 0,00120^{\circ} - 0,00000421*x^2$	
Rubi	28-84 dias	$\hat{y} = 0,0128 + 0,0163^{0,11}x - 0,000385*x^2 + 0,00000248*x^3$	0,857

Continua...

Catuaí	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0878 + 0,000846^{0,18}x - 0,00000335^{\circ}x^2$	0,960
	28-84 dias	$\hat{y} = 0,0197 + 0,0141^{0,17}x - 0,000305^{0,12}x^2 + 0,00000183^{0,12}x^3$	
	84-24 dias	$\hat{y} = 0,0633 + 0,00114^{\circ}x - 0,00000425^*x^2$	

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

Ramirez et al. (2002) verificaram que 71 % e 70% do P e S total acumulados pelos frutos do cafeeiro Caturra ocorreram de 60 a 120 dias após a floração, sendo que, 41 % e 43% do acúmulo total de P e S ocorreram aos 90 dias após a floração, momento este em que o fruto alcançou aproximadamente 80 % do tamanho máximo.

Aos 224 dias após a floração (Figura 1), as maiores concentrações de P foram observadas no nível baixo de adubação, sendo que a variedade Acaia apresentou o mesmo valor no nível adequado de adubação. Para S (Figura 2), as maiores concentrações 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. O principal fator que pode influenciar nas concentrações finais P e S 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.

O padrão das curvas de variação de P no 3° e 4° pares de folhas de ramos produtivos (Figura 3) foi semelhante entre variedades, assim como, entre os níveis de adubação. A concentração de P nas folhas das variedades aumentou até atingir uma máxima concentração em meados das fases de desenvolvimento dos frutos, com posterior queda até os 224 dias de floração. O padrão das curvas de variação de P no 3° e 4° 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.

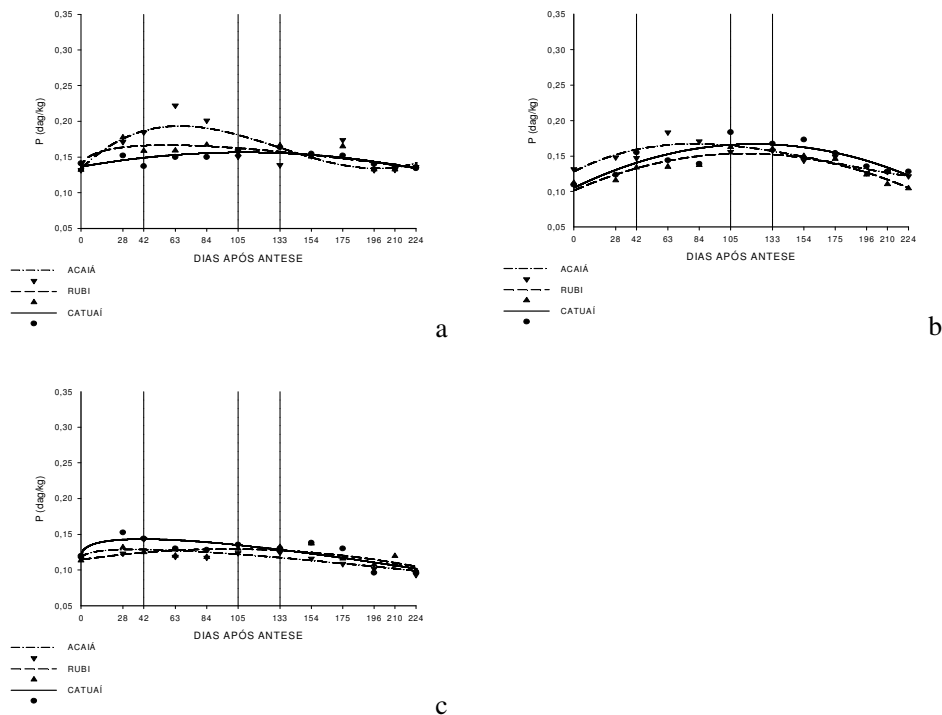


Figura 3. Concentração de fósforo em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese, nos níveis baixo (a), adequado (b) e alto (c) de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

De modo geral, o padrão da variação na concentração de S nas folhas das variedades de café durante a fase reprodutiva não foi o mesmo nos diferentes níveis de adubação sendo detectadas algumas diferenças (Figura 4). Chaves (1982) verificou 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.

No momento da floração, observou-se que as concentrações de P e S nas folhas foram maiores no nível baixo de adubação, com exceção para a variedade Catuaí apresentou o maior teor de S no nível alto de adubação (Figuras 3 e 4). Os valores das menores concentrações de P e S ocorreram no nível adequado de adubação nas variedades Rubi e Catuaí e no nível alto de adubação para variedade Acaíá. Isto pode estar relacionado a florações mais intensas que aconteceram nos níveis de maiores adubações, ocasionando maiores repartições do nutriente (Tabelas 7 e 8).

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 (Figura 3). 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 café 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.

No momento da colheita (224 dias) as maiores concentrações de S foram observadas no nível baixo de adubação para as variedades Acaíá e Catuaí, sendo que a variedade Catuaí apresentou o maior teor no nível adequado de adubação (Figura 4). A variedade Rubi apresentou a maior

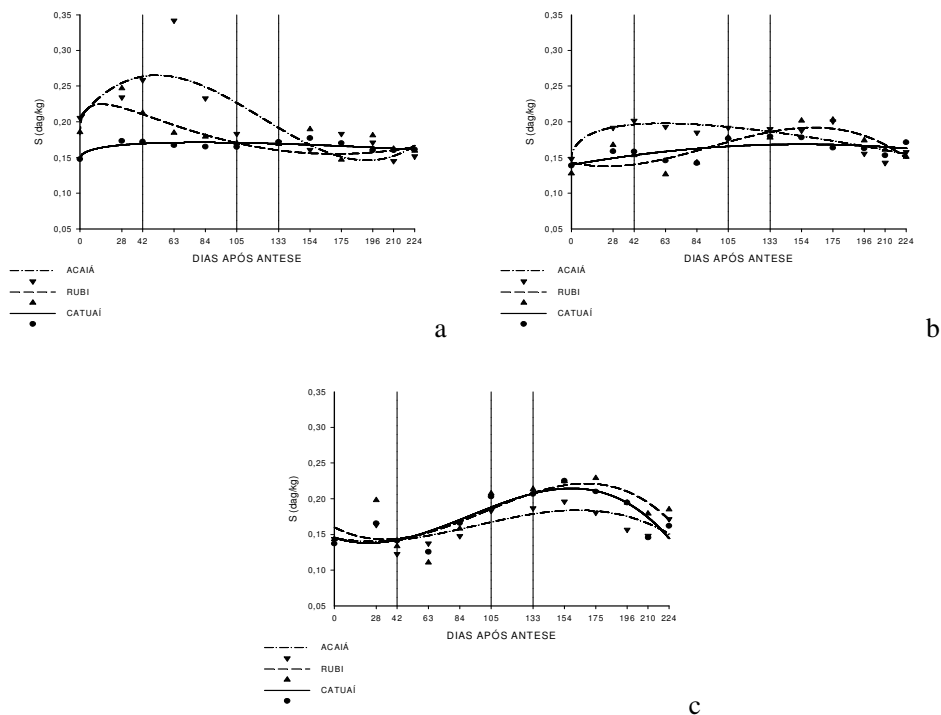


Figura 4. Concentração de enxofre em folhas de café em função do tempo decorrido após a antese, nos níveis baixo (a), adequado (b) e alto (c) de adubação. As linhas verticais delimitam as fases de desenvolvimento dos frutos.

Tabela 7. 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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,136 + 0,000367**x + 0,00000169**x^2$	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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,105 + 0,00101**x - 0,0000042**x^2$	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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,120 + 0,0072**x^{0,5} - 0,000563**x$	0,710

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

Tabela 8. 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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,148 + 0,00499**x^{0,5} - 0,000279**x$	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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,139 + 0,000373*x - 0,00000121^{\circ}x^2$	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
Catuaiá	$\hat{y} = 0,145 - 0,000652^{0,18}x + 0,0000165*x^2 - 0,0000000608*x^3$	0,748

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

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 Catuaiá 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.

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 (Figura 3). 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. Quanto ao S (Figura 4), verificou-se 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 Acaia e Rubi no nível baixo de adubação.

CONCLUSÕES

1. Os frutos das variedades apresentaram maiores TCA nos estádios de rápida expansão e granação-maturação.
2. O padrão das curvas de variação de P e S durante os estádios de formação dos frutos foram semelhantes entre as variedades, bem como, nos níveis de adubação.
3. No estágio de granação-maturação as variedades apresentaram pouca variação na concentração dos elementos nos frutos, sugerindo aumento da taxa de translocação dos nutrientes para os frutos.
4. 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.
5. A variação de S nas folhas do 3º e 4º pares de ramos produtivos das variedades ao longo do período reprodutivo não apresentou um padrão regular como verificado para P.
6. As concentrações de P 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.

ABSTRACT: The production of the coffee plant depends, among other factors, of the supply and of the intensity of absorption of the nutrients for the roots. The knowledge of the period of larger demand of the nutrients minerals for the plant is an important information to improve the efficiency of the manuring practices. The aim of this work was to follow the dynamics of P 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 distributed in three independents essays (levels of manuring low, sufficient and high), installed in randomized blocks with two repetitions using a scheme of split-plot in time. The varieties presented the largest concentrations of P and S in the fruits in the first suspended growth stages, having reduction in the concentration of the elements in the stadium of fast expansion. In the formation-maturation stadium small variation was observed in the concentration of P and S in the fruits. The concentration of P 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 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.

KEYWORDS: Plant physiology. Mineral nutrition. Reproductive stages. Mineral elements.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas interações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio.** 1991, 139f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- 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.; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia.** Campinas, v. 60, n. 1, 65-68, 2001.
- CAMARGO, A. P. de. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 1998, p. 231-232.
- 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, 131f. Dissertação (Mestrado

em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ-USP, 1982.

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, v. 60, n. 2, p. 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. 237f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de biologia, UNICAMP.

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, v. 766, 1959, 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.; 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, p. 1017-1022 jul. 2002.

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**, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA /PROCAFE, 2005, 438p.

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, 16, 1994. **Resumos...** Ciência e Cultura, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 142, 1964.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrimentos por los frutos y bandolas de cafe Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduracion en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. **Agroscencia**, v. 26, n.1, p. 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.

SOUZA, V. H. S. **Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café (Coffea arabica L. Var. Mundo Novo)**. 1972. 43f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1972.