

# MACRONUTRIENTES EM FOLHAS E FRUTOS DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA DE PORTE BAIXO <sup>(1)</sup>

VALDEMAR VALARINI <sup>(2)</sup>, ONDINO CLEANTE BATAGLIA <sup>(3,4)</sup>, LUIZ CARLOS FAZUOLI <sup>(3,4)</sup>

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a mobilização de macronutrientes de folhas para frutos em diferentes cultivares de café arábica, através de análises foliares periódicas. O experimento foi plantado em 1994 em solo Rhodic Hapludox, em Campinas Estado de São Paulo, Brasil. Foram coletadas folhas de ramos plagiotrópicos com frutos, o terceiro par a partir do ápice, para determinação de macronutrientes, em dezembro de 2002, fevereiro e maio de 2003. A colheita do experimento e a amostragem de frutos para análise química ocorreram em junho de 2003. Houve decréscimo no teor dos macronutrientes nas folhas do cafeeiro, durante a estação de crescimento do fruto, a exceção do cálcio que apresentou aumento, observando-se maior evidencia para o potássio. As cultivares de alta produtividade mostraram concentrações de macronutrientes ligeiramente superiores às de média produtividade. A diferença mais marcante ocorreu para o cálcio que acumulou mais nas cultivares mais produtivas. Na casca e no grão de café, pela análise estatística, não houve diferença significativa na composição química entre as cultivares, à exceção para o cálcio presente na casca. Verificou-se uma relação inversa entre produtividade e o índice relativo de remobilização de nutrientes das folhas. Cultivares mais produtivas conseguiram produzir a mesma quantidade de matéria seca de grãos com valores mais baixos de remobilização dos nutrientes N, P e K das folhas dos cafeeiros.

**Palavras-chave:** cafeeiro, análise foliar, cultivares porte baixo, remobilização de nutrientes.

## ABSTRACT

### MACRONUTRIENTS IN LEAVES AND FRUITS OF DWARF ARABICA COFFEE CULTIVARS

Macronutrient mobilization from leaves to fruits in dwarf arabica coffee cultivars was studied, through serial leaf and fruit samplings. The experiment was set in 1994 in a Rhodic Hapludox soil at Campinas, State of São Paulo, Brazil. Third leaf from the apex of reproductive branches with fruits was collected for macronutrient determinations in December 2002, February and May 2003. Ripe fruits were sun dried being grain and husks milled separately for analysis. Except for calcium it was observed a decrease in the leaf macronutrient concentrations during the growing season fruit. Concentration of all macronutrients in the leaves was slightly higher for high yielding cultivars as compared to the medium yielding cultivars, except for Ca displaying higher concentrations in high yielding cultivars. Except for Ca concentrations in husks there was no difference in the concentration of macronutrients in husks and grains of the cultivars, despite their great difference in grain yield. There was an inverse relationship between yield and relative mobilization index. Grain dry weight of higher yielding cultivars was produced with relatively less remobilization of N, P and K from the leaves.

**Key words:** leaf analysis, coffee cultivars, nutrient remobilization.

---

<sup>(1)</sup> Trabalho financiado parcialmente pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D Café). Recebido para publicação em 7 de janeiro de 2005 e aceito em 29 de agosto de 2005.

<sup>(2)</sup> Mestrando em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico.

<sup>(3)</sup> Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

<sup>(4)</sup> Bolsista do CNPq.

## 1. INTRODUÇÃO

As propriedades químicas e físicas do solo e a distribuição do sistema radicular são alguns dos fatores que afetam o suprimento de nutrientes na relação solo-planta. No entanto, as características de seletividade e capacidade de absorção de nutrientes, assim como a morfologia das raízes, segundo FURLANI (2002), são fatores internos da planta, controlados geneticamente. Provavelmente, esses fatores determinam as potencialidades das cultivares quando se verificam, por exemplo, as diferenças de produtividade entre elas.

Em trabalhos realizados por CATANI e MORAES (1958) e CATANI et al. (1965), constata-se que o nitrogênio, potássio e cálcio são absorvidos intensamente com o aumento da idade do cafeeiro, enquanto o fósforo e o magnésio são absorvidos de modo menos pronunciado. Observaram os autores que, entre dois e meio e três e meio anos de idade, as exigências minerais da cultura duplicavam, devendo-se isso quase exclusivamente ao início de produção de grãos.

Estudos sobre a nutrição do cafeeiro têm revelado que a absorção de nutrientes, nos estádios de pré e pós-floração, intensifica-se variando, principalmente, em função das condições ambientais e do estado de desenvolvimento da planta. Esse fato sugere que o suprimento de nutrientes, para atender a demanda do cafeeiro, deve iniciar-se, ainda na fase de pré-floração, período em que os elementos minerais devem estar no solo prontos para serem absorvidos. Segundo MALAVOLTA (2002), as flores constituem um forte dreno de nutrientes e têm, em relação às folhas e ramos, teores mais elevados.

Foi demonstrado por CATANI et al. (1967), GALLO et al. (1970) e HIROCE (1981), que durante a formação do fruto havia um decréscimo na concentração foliar dos principais macronutrientes, tornando evidente que qualquer interpretação dos teores de nutrientes encontrados pela análise foliar deve levar em consideração a época de amostragem.

Depois que a folha do cafeeiro termina sua expansão ela passa a ser potencial exportadora de nutrientes. De acordo com CALBO (1989), a degradação de compostos celulares resulta na migração de fotoassimilados e elementos minerais móveis, especialmente N e K para drenos tais como frutos e raízes, resultando até na queda da folha.

Os casos severos de desfolhamento, conhecidos por depauperamento do cafeeiro, de acordo com RENA et al. (1983), ocorrem devido à excessiva mobilização de nutrientes pelos frutos, resultado da grande carga e pequena razão folha/fruto, característicos da espécie.

Mesmo em ano de baixa produção a demanda de nutrientes continua, sendo direcionada principalmente, para o crescimento de ramos plagiotrópicos e para a formação de novos ramos, folhas e raízes que vão substituir o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes (MALAVOLTA, 2002).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a mobilização de macronutrientes de folhas para frutos em diferentes cultivares de café arábica através de análises foliares periódicas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Instituto Agrônomo, em parceria com a Empresa Monte D'este, fazenda localizada no município de Campinas (SP), a 23°02' S e 47°07' W, altitude de 670 m, instalou em 1994, um experimento testando 14 cultivares de café (*Coffea arabica*) de porte baixo, constituindo-se material utilizado no presente trabalho, conforme relação a seguir: (1) Catuaí Vermelho IAC 46; (2) Catuaí Vermelho IAC 81; (3) Catuaí Vermelho IAC 99; (4) Ouro Verde IAC H 5010-5; (5) Catuaí Vermelho 36/6; (6) Catuaí Amarelo IAC 47; (7) Catuaí Amarelo IAC 62; (8) Catuaí Amarelo IAC 100; (9) Catuaí Amarelo IAC 4394; (10) Catuaí Amarelo 2 SL; (11) Obatã IAC 1669-20; (12) Tupi IAC 4096; (13) Tupi IAC 4095; (14) Linhagem IAC 4361.

O experimento foi plantado em solo Latossolo Vermelho distrófico, EMBRAPA (1999); Rhodic Hapludox, SOIL TAXONOMY (1996), de acordo com PRADO (2003); no espaçamento de 3,50 m por 0,70 m, totalizando 50 plantas por parcela e 2.800 plantas totais. Os resultados da análise química de amostras de solos, média de quatro blocos, na profundidade de 0-20 cm, foram os seguintes: M.O. = 27 g dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,1; P (resina) = 9 mg dm<sup>-3</sup>; S = 108 mg dm<sup>-3</sup>; K = 2,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 80 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 13,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 93,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 15%; B = 0,76 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 4,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fé = 13 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 13,1 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 0,9 mg dm<sup>-3</sup>. Adotou-se a adubação comercial, de 1.300 kg ha<sup>-1</sup> ano da fórmula 20-02-15, correspondendo a 260-26-195 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, aplicada em 4 parcelas: setembro e novembro de 2002, janeiro e março de 2003. Para correção do solo utilizou-se, em novembro de 2002, 3,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com 91% de PRNT para elevar a saturação por bases a 50% (RAU et al. 1997).

O delineamento experimental, de plantio, foi o de blocos ao acaso com 4 repetições. Os teores de macronutrientes na folha foram analisados estatisticamente, através da comparação de médias entre cultivares e as épocas de coleta de folhas através da análise de regressão, segundo o modelo fatorial 3x14x4, em esquema de parcela subdividida.

Coletaram-se amostras de folhas nos ramos plagiotrópicos com frutos, uma folha em cada lado da planta, em 20 plantas centrais da parcela. Utilizou-se o terceiro par a partir do ápice dos ramos, da altura média da planta, de acordo com a proposta de RAU et al. (1997), em dezembro de 2002 (fruto em estágio de “chumbinho”), fevereiro (estádio de fruto verde) e maio de 2003 (fruto maduro), para determinação de macronutrientes. As folhas colhidas foram lavadas em água corrente e em água deionizada e em seguida levadas para secagem a 70 °C e moídas. A coleta de 2.000 g de frutos de café, de cada parcela, ocorreu durante a colheita do experimento em junho de 2003, e após três semanas de secagem ao sol, foram pesados e beneficiados. As cascas e grãos beneficiados, foram pesados separadamente, retirando-se uma sub-amostra de 30 g de casca e outra de 30 g de grãos, para secagem à 70 °C. Após secagem as amostras foram moídas e submetidas às análises de macronutrientes. As amostras de folhas, casca e grão foram analisadas segundo os métodos descritos por BATAGLIA et al. (1983).

Determinou-se o índice relativo de remobilização (IRR) de nitrogênio, fósforo e potássio pela diferença no teor do elemento da folha, entre a primeira e terceira época de amostragem, em função da produtividade apresentada para cada cultivar.  $IRR = E_1 - E_3 / P \times 1.000$ , sendo  $E_1$  = concentração de nutriente em dezembro,  $E_3$  = concentração do nutriente em maio e  $P$  = produtividade de café beneficiado da cultivar.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produção de café

A partir da produção obtida no experimento calculou-se a produtividade de cada cultivar de café. Pelas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, observaram-se diferenças significativas entre elas, formando assim, dois grupos de cultivares, um de alta e outro de média produtividade (Tabela 1). Essa classificação foi proposta considerando-se que a produtividade média da lavoura cafeeira no Brasil, segundo a CONAB... (2004), é de 780 kg ha<sup>-1</sup>, bem abaixo do potencial produtivo para café tipo arábica, ao redor de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> obtidos em experimentos (FAZUOLI et al., 2002). As médias de 4.159 kg ha<sup>-1</sup> obtidas no grupo de cultivares de alta e 1.900 kg ha<sup>-1</sup> obtidas no grupo de média produtividade, foram atribuídas, entre outros fatores, a um ano favorável de alta produção, fato que se sucede em ritmo bienal e muito comum na cultura cafeeira. No entanto, a elevada variação de produção que se verifica entre

as cultivares, deve-se provavelmente, a fatores genéticos determinantes do potencial de cada uma delas e ou a um ritmo bienal desfavorável.

Na tabela 1, verificam-se os valores médios de café beneficiado por ordem decrescente de produtividade. Observa-se que entre as seis primeiras colocadas, três são cultivares IAC de frutos amarelos, destacando-se a cultivar Catuaí Amarelo 62 por ser a mais produtiva de todas. Esses resultados são coerentes com dados publicados anteriormente, como em ALMEIDA et al. (1984), onde as linhagens de Catuaí Amarelo superaram as demais linhagens avaliadas no estudo.

#### 3.2 Teor de macronutrientes na folha

Nas tabelas de 2 a 7, constatam-se os teores de macronutrientes nas folhas por época de amostragem para as cultivares, ordenadas em função da produtividade decrescente de café beneficiado. Na figura 1 estão representados graficamente os teores de macronutrientes na folha em função da época de amostragem. O resultado da análise da variância indicou diferença significativa para as cultivares de café e para épocas de coleta de folhas, mas não mostrou diferença significativa para a interação cultivar x época de coleta.

Embora a concentração de nutrientes na folha não apresente relação com a produtividade (Tabelas 2 a 7), quando se juntam as cultivares por grupos de alta e média produtividade aparecem as diferenças de concentração entre elas, como pode ser visto na figura 2. Deve-se admitir que a maior diferença foi observada para Ca que acumulou mais nas cultivares mais produtivas, enquanto para os demais nutrientes as diferenças foram muito pequenas.

Durante o período de crescimento do fruto, entre dezembro e maio, observou-se decréscimo no teor de macronutrientes nas folhas, à exceção de cálcio que teve concentração aumentada, como foi também demonstrado por CATANI et al. (1967), GALLO et al. (1970) e HIROCE (1981), que atribuíram, em parte, à remobilização para os frutos.

O maior decréscimo na concentração foliar, entre a primeira e terceira avaliações, foi observado para potássio, seguindo-se nitrogênio, enxofre e fósforo. Com o magnésio houve um aumento no teor entre dezembro e fevereiro e decréscimo a partir de fevereiro. Os teores de potássio na folha diminuíram de forma acentuada entre dezembro e fevereiro, período que vai da fase de “fruto chumbinho” para o estágio de fruto verde, quando a redistribuição, provavelmente, está direcionada para o enchimento do grão. Entre fevereiro e maio o decréscimo ocorreu com menor intensidade e podem ser verificados na tabela 4 e na figura 1.

**Tabela 1.** Produtividade média de café beneficiado, casca de café e café coco em 2003

Cultivar	Café		
	beneficiado	Casca	Coco
	kg ha <sup>-1</sup>		
7 Catuaí Amarelo IAC 62	5306 a	4493 a	9799 a
1 Catuaí Vermelho IAC 46	4606 a	3913 a	8520 a
11 Obatã IAC 1669-20	4539 a	4662 a	8801 a
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	4512 a	4307 a	8820 a
6 Catuaí Amarelo IAC 47	4036 a	4083 a	8119 a
9 Catuaí Amarelo IAC 4394	4017 a	3616 a	7633 a
10 Catucaí Amarelo 2 SL	3813 a	3556 a	7369 a
2 Catuaí Vermelho IAC 81	3807 a	3416 a	7224 a
8 Catuaí Amarelo IAC 100	3593 a	3100 a	6693 a
3 Catuaí Vermelho IAC 99	3366 a	3241 a	6608 a
Média	4159	3839	7958
5 Catucaí Vermelho 36/6	2109 b	2170 b	4279 b
13 Tupi IAC 4095	1944 b	1913 b	3858 b
14 Linhagem IAC 4361	1837 b	1663 b	3501 b
12 Tupi IAC 4096	1709 b	1958 b	3667 b
Média	1900	1926	3826
Média geral	3514	3292	6778
C.V.%	23,4	19,8	21,2

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Teor de N nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuaí Amarelo IAC 62	30,5	30,8	28,2	29,8 b
1 Catuaí Vermelho IAC 46	30,8	30,1	27,5	29,5 b
11 Obatã IAC 1669-20	30,2	29,3	27,5	29,0 b
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	32,0	31,2	28,0	30,4 a
6 Catuaí Amarelo IAC 47	31,0	29,4	28,4	29,6 b
9 Catuaí Amarelo IAC 4394	31,5	30,3	26,5	29,5 b
10 Catucaí Amarelo 2 SL	30,9	30,4	28,8	30,0 a
2 Catuaí Vermelho IAC 81	31,7	30,9	28,6	30,4 a
8 Catuaí Amarelo IAC 100	31,3	30,7	29,2	30,4 a
3 Catuaí Vermelho IAC 99	31,2	30,9	28,0	30,1 a
5 Catucaí Vermelho 36/6	30,7	29,8	27,4	29,3 b
13 Tupi IAC 4095	31,1	31,0	28,2	30,1 a
14 Linhagem IAC 4361	30,4	30,0	28,6	29,7 b
12 Tupi IAC 4096	31,1	30,8	29,3	30,4 a
Média geral	31,0	30,4	28,2	29,9
C.V.% (A) - da parcela	-	-	-	2,1
C.V.% (B) - da subparcela	-	-	-	3,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Teor de P nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuai Amarelo IAC 62	1,4	1,3	1,2	1,29 a
1 Catuai Vermelho IAC 46	1,3	1,3	1,0	1,21 b
11 Obatã IAC 1669-20	1,4	1,2	1,0	1,21 b
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	1,4	1,3	1,1	1,28 a
6 Catuai Amarelo IAC 47	1,4	1,4	1,0	1,29 a
9 Catuai Amarelo IAC 4394	1,3	1,3	0,9	1,18 b
10 Catucaí Amarelo 2 SL	1,4	1,3	1,1	1,25 b
2 Catuai Vermelho IAC 81	1,5	1,3	1,2	1,33 a
8 Catuai Amarelo IAC 100	1,4	1,3	1,1	1,31 a
3 Catuai Vermelho IAC 99	1,5	1,3	1,0	1,30 a
5 Catucaí Vermelho 36/6	1,3	1,3	1,0	1,20 b
13 Tupi IAC 4095	1,3	1,4	1,0	1,25 b
14 Linhagem IAC 4361	1,3	1,3	1,1	1,23 b
12 Tupi IAC 4096	1,3	1,3	1,1	1,25 b
Média geral	1,4	1,3	1,0	1,2
C.V.% (A) - da parcela	-	-	-	4,2
C.V.% (B) - da subparcela	-	-	-	9,1

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Teor de K nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuai Amarelo IAC 62	26,8	19,0	14,0	19,9 a
1 Catuai Vermelho IAC 46	27,9	15,2	12,4	18,5 a
11 Obatã IAC 1669-20	26,3	17,7	10,3	18,1 a
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	25,2	16,7	12,1	18,0 a
6 Catuai Amarelo IAC 47	26,8	18,3	12,7	19,3 a
9 Catuai Amarelo IAC 4394	25,5	17,7	10,8	18,0 a
10 Catucaí Amarelo 2 SL	25,0	17,0	9,8	17,3 b
2 Catuai Vermelho IAC 81	25,8	15,5	11,1	17,5 b
8 Catuai Amarelo IAC 100	25,8	18,9	12,0	18,9 a
3 Catuai Vermelho IAC 99	27,8	16,5	13,7	19,3 a
5 Catucaí Vermelho 36/6	23,4	17,1	13,0	17,9 a
13 Tupi IAC 4095	24,6	14,0	9,5	16,0 b
14 Linhagem IAC 4361	24,0	13,5	11,6	16,4 b
12 Tupi IAC 4096	26,1	18,2	11,0	18,4 a
Média geral	25,8	16,8	11,6	18,1
C.V.% (A) - da parcela	-	-	-	6,7
C.V.% (B) - da subparcela	-	-	-	19,6

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Comparando-se os teores médios de potássio das amostras de dezembro com os valores padrões estabelecidos por RAIJ (1997), verificam-se valores adequados para todas as cultivares. Nas amostras de fevereiro, entretanto, para apenas quatro cultivares notaram-se teores adequados. Esse fato confirma que a diminuição de potássio na folha, entre dezembro e fevereiro, foi intensa.

Para o nitrogênio e o fósforo a diminuição no teor foliar foi mais acentuada entre fevereiro e maio, período que coincide com a fase de amadurecimento dos frutos. Entre dezembro e fevereiro, o decréscimo de N foi menor (Tabela 2). Nas amostragens de folhas feitas em dezembro, fevereiro e maio ocorreram valores adequados de nitrogênio, dentro da amplitude dos padrões, para todas as cultivares. Significa, portanto, que o cafeeiro estava bem nutrido, e o nitrogênio contribuiu no resultado final de produtividade.

GALLO et al. (1971) constataram que, aumentando o teor foliar de nitrogênio de 26,5 g kg<sup>-1</sup> para 30,0 g kg<sup>-1</sup>, mediante doses crescentes de fertilizantes nitrogenados, a produção de café beneficiado elevava-se de 1.856 kg ha<sup>-1</sup> para 2.826 kg ha<sup>-1</sup>.

Conforme a tabela 3, observa-se que o fósforo tem comportamento semelhante ao nitrogênio. Embora exigido em quantidades relativamente pequenas,

quando comparados ao anterior, os teores de P verificados nas folhas são adequados, no limite inferior, levando-se em conta os níveis limiares para o cafeeiro, segundo os padrões estabelecidos (RAIJ et al., 1997).

Enquanto nitrogênio, fósforo e potássio decrescem com a época de amostragem, de dezembro para maio, verifica-se para o cálcio um aumento nesse período, acumulando-se nas folhas (Tabela 5). Essa tendência de acúmulo revela que o cálcio tem pouca mobilidade dentro da planta, constatando-se que os teores nas folhas estão acima dos limites indicados como adequados em literatura.

O magnésio, a princípio, mostra aumento no teor foliar, entre dezembro e fevereiro, e tendência de queda a partir de fevereiro (Tabela 6). Comportamento semelhante foi observado para o enxofre, porém, com diminuição mais acentuada, em relação ao magnésio, a partir de fevereiro (Tabela 7). GALLO et al. (1970) e HIROCE (1981) observaram, tanto para magnésio como para enxofre, resultado análogo, crescimento no início do verão e decréscimo no outono. Os teores de magnésio e de enxofre verificados nas amostras de folhas em fevereiro estão dentro dos limites, segundo RAIJ et al. (1977).

**Tabela 5.** Teor de Ca nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuai Amarelo IAC 62	12,3	16,7	20,8	16,6 a
1 Catuai Vermelho IAC 46	12,1	16,7	21,6	16,8 a
11 Obatã IAC 1669-20	11,7	15,2	18,0	14,9 c
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	13,1	17,6	19,6	16,8 a
6 Catuai Amarelo IAC 47	12,5	17,2	20,2	16,6 a
9 Catuai Amarelo IAC 4394	12,9	17,2	21,6	17,2 a
10 Catucaí Amarelo 2 SL	13,8	17,6	18,4	16,6 a
2 Catuai Vermelho IAC 81	13,2	17,2	20,8	17,1 a
8 Catuai Amarelo IAC 100	12,8	18,4	20,8	17,3 a
3 Catuai Vermelho IAC 99	12,4	17,8	19,6	16,6 a
5 Catucaí Vermelho 36/6	13,3	14,9	20,0	16,1 a
13 Tupi IAC 4095	12,6	14,5	18,9	15,3 b
14 Linhagem IAC 4361	13,1	16,0	21,2	16,8 a
12 Tupi IAC 4096	11,4	11,4	17,1	13,3 c
Média geral	12,6	16,3	19,9	16,3
C.V.% (A) – da parcela	-	-	-	7,5
C.V.% (B) – da subparcela	-	-	-	13,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Teor de Mg nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

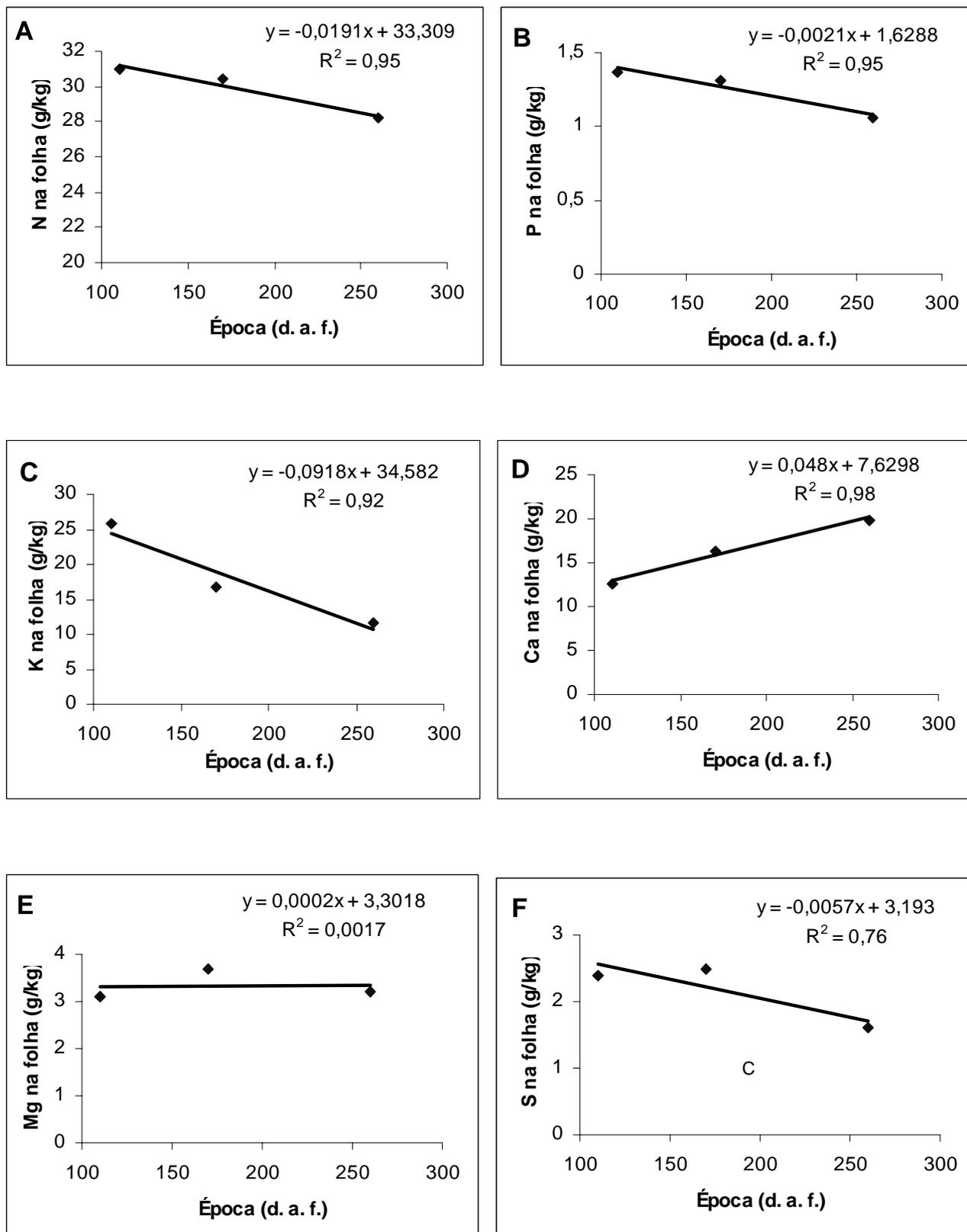
Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuai Amarelo IAC 62	3,0	3,7	3,3	3,3 a
1 Catuai Vermelho IAC 46	3,1	3,7	3,3	3,4 a
11 Obatã IAC 1669-20	2,9	3,7	2,8	3,1 b
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	3,3	4,2	3,4	3,6 a
6 Catuai Amarelo IAC 47	3,0	4,0	3,3	3,4 a
9 Catuai Amarelo IAC 4394	3,0	3,6	3,2	3,3 a
10 Catucaí Amarelo 2 SL	3,4	4,2	3,1	3,6 a
2 Catuai Vermelho IAC 81	2,9	3,7	2,8	3,4 a
8 Catuai Aermelho IAC 100	3,1	3,8	3,6	3,5 a
3 Catuai Vermelho IAC 99	3,1	3,5	3,1	3,2 b
5 Catucaí Vermelho 36/6	3,1	3,9	3,2	3,4 a
13 Tupi IAC 4095	3,2	3,6	3,1	3,3 a
14 Linhagem IAC 4361	3,2	3,7	3,6	3,5 a
12 Tupi IAC 4096	2,8	2,9	2,9	2,9 b
Média geral	3,1	3,7	3,2	3,3
C.V.% (A) – da parcela	-	-	-	6,6
C.V.% (B) – da subparcela	-	-	-	11,4

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Teor de S nas folhas por época de amostragem para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado

Cultivar	Época de amostragem			Média
	dezembro	fevereiro	maio	
	g kg <sup>-1</sup>			
7 Catuai Amarelo IAC 62	2,5	2,7	2,0	2,42 a
1 Catuai Vermelho IAC 46	2,4	2,5	1,8	2,24 a
11 Obatã IAC 1669-20	2,3	2,4	1,5	2,06 b
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	2,6	2,8	1,4	2,27 a
6 Catuai Amarelo IAC 47	2,4	2,6	2,0	2,35 a
9 Catuai Amarelo IAC 4394	2,4	2,5	1,5	2,17 b
10 Catucaí Amarelo 2 SL	2,3	2,5	1,4	2,06 b
2 Catuai Vermelho IAC 81	2,5	2,4	1,6	2,17 b
8 Catuai Amarelo IAC 100	2,6	2,6	1,8	2,36 a
3 Catuai Vermelho IAC 99	2,5	2,7	1,5	2,24 a
5 Catucaí Vermelho 36/6	2,3	2,5	1,8	2,19 b
13 Tupi IAC 4095	2,3	2,5	1,4	2,07 b
14 Linhagem IAC 4361	2,3	2,6	1,5	2,12 b
12 Tupi IAC 4096	2,2	2,2	1,5	1,99 b
Média geral	2,4	2,5	1,6	2,2
C.V.% (A) – da parcela	-	-	-	5,7
C.V.% (B) – da subparcela	-	-	-	14,2

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Equações de regressão dos teores de nutrientes na folha (média 14 cultivares) em função da época de amostragem (dias após florescimento).

### 3.3 Teor de nutrientes na folha por grupo de cultivares de alta e média produtividade

A figura 2A reproduz o comportamento da drenagem de nitrogênio e potássio no período compreendido entre dezembro e maio. As curvas para potássio, para as cultivares de alta e média produtividade, estão praticamente paralelas, e o teor na folha é ligeiramente mais elevado para o grupo de alta produtividade. Com o nitrogênio verifica-se, entretanto, que a diferença no teor do elemento na folha é muito pequena, entre os grupos de alta e média produtividade, e as curvas praticamente coincidem. Na Figura 2B, observa-se decréscimo na concentração de fósforo entre dezembro e maio, enquanto as concentrações de magnésio e enxofre, a princípio, aumentam entre dezembro e fevereiro e a partir daí mostram tendências de queda. Para o enxofre as curvas que representam os dois grupos são praticamente coincidentes, o mesmo ocorrendo com o fósforo.

Na figura 2C, verifica-se aumento contínuo de cálcio em função da época de amostragem, acumulando-se na folha. A curva que representa o grupo de cultivares de alta produtividade mostra teor de cálcio na folha mais elevado do que o grupo de média produtividade.

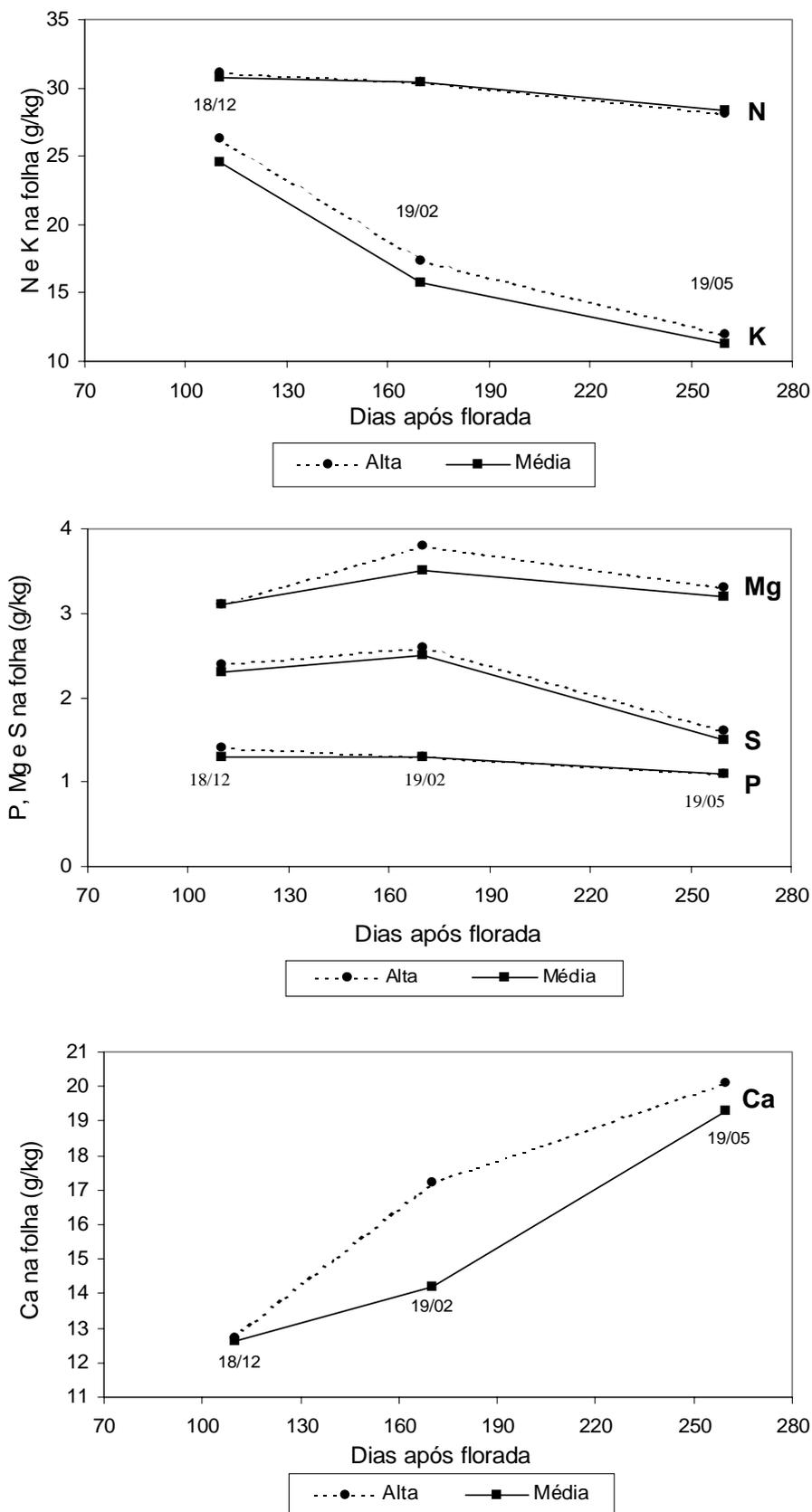
### 3.4 Remobilização de nutrientes

A diminuição no teor de nitrogênio, fósforo e potássio das folhas, da época de dezembro para a época de maio, teve provavelmente como dreno principal os frutos em função da alta produtividade observada no ano do experimento. Apesar disso, deve-se considerar que a remobilização das folhas pode não ser a única forma de suprimento do grão. Esse suprimento pode estar ocorrendo por remobilização de folhas mais velhas, de outras partes da planta, por suprimento direto do solo ou ainda por diversas vias simultaneamente. Nesse experimento, contudo não é possível precisar esses mecanismos, embora haja evidência da remobilização dos nutrientes da folha-diagnóstico estudada.

Com a cultivar (7) Catuaí Amarelo IAC 62, a mais produtiva entre as cultivares estudadas, houve o menor índice relativo de remobilização de N, P, K; 0,43 mg N, 0,04 mg P e 2,41 mg K por kg de folha para produzir 1,0 kg de café beneficiado, enquanto na cultivar (12) Tupi IAC 4096, a menos produtiva, o índice relativo de remobilização foi de 1,05 mg N, 0,12 mg P e 8,83 mg K por kg de folha, para produzir 1,0 kg de café beneficiado (Tabela 8).

**Tabela 8.** Índice relativo de remobilização, para as 14 cultivares, ordenadas em função da produtividade de café beneficiado (dois grupos)

Cultivares	Produtividade kg/ha	(mg nutriente kg <sup>-1</sup> folha kg <sup>-1</sup> café benef.)		
		N	P	K
7 Catuaí Amarelo IAC 62	5306	0,43	0,04	2,41
1 Catuaí Vermelho IAC 46	4606	0,71	0,06	3,36
11 Obatã IAC 1669-20	4539	0,59	0,09	3,52
4 Ouro Verde IAC H 5010-5	4512	0,88	0,06	2,90
6 Catuaí Amarelo IAC 47	4036	0,64	0,10	3,49
9 Catuaí Amarelo IAC 4394	4017	1,24	0,10	3,66
10 Catucaí Amarelo 2 SL	3813	0,55	0,08	3,99
2 Catuaí Vermelho IAC 81	3807	0,81	0,08	3,86
8 Catuaí Amarelo IAC 100	3593	0,58	0,08	3,84
3 Catuaí Vermelho IAC 99	3366	0,95	0,15	4,19
Média	4159	0,74	0,08	3,52
5 Catucaí V. 36/6	2109	1,56	0,14	4,93
13 Tupi IAC 4095	1944	1,49	0,15	7,77
14 Linhagem IAC 4361	1837	0,98	0,11	6,75
12 Tupi IAC 4096	1709	1,05	0,12	8,83
Média	1900	1,27	0,13	7,07
Média geral	3514	0,89	0,10	4,53



**Figura 2** . Teor de nutrientes na folha em função da época de amostragem (dezembro, fevereiro e maio) e por grupo de produtividade (alta e média).

Quando o índice relativo de remobilização dos nutrientes das cultivares foi calculado por grupo de produtividade, obteve-se como média para o grupo de alta produtividade 0,74 mg N, 0,08 mg P e 3,52 mg K por kg de folha para produzir 1,0 kg de café beneficiado. Para o grupo de produtividade média o índice de remobilização foi de 1,27 mg N, 0,13 mg P e 7,07 mg K por kg de folha para produzir 1,0 kg de café beneficiado. As cultivares mais produtivas, sob efeito do potássio, produziram 1,0 kg de grão esgotando metade do que esgotariam as cultivares menos produtivas.

Esse índice, por ser um indicador relativo, mostra como as cultivares com diferentes produtividades promovem o esgotamento dos nutrientes das folhas para produzir grãos. As cultivares mais produtivas conseguem produzir mais grãos por unidade líquida de nutrientes removidos das folhas. Esse fato poderia ocorrer por duas vias: primeiro por menor acúmulo de nutrientes pelos grãos, fato não observado neste trabalho e outra, mais provável, seria por um acúmulo contínuo de nutriente pela folha analisada. Ainda deve-se considerar que a folha 3 (folha diagnóstico) usada no cálculo é uma folha recém-madura. A maior remobilização de nutrientes pode estar ocorrendo a partir de folhas mais velhas no ramo.

### 3.5 Teor de nutrientes no grão e na casca

Pela análise estatística dos teores de nutrientes no grão de café e na casca, observou-se não haver diferença significativa na composição química das cultivares estudadas, a exceção do cálcio presente na casca, para o qual a análise da variância mostrou diferença significativa, o que difere dos resultados apresentados por ARZOLLA et al. (1963) e MALAVOLTA et al. (1963).

Como para a produtividade de café beneficiado, na análise estatística houve diferença significativa entre as cultivares e não se observou diferença significativa nos teores de nutrientes no grão e na casca, à exceção do cálcio, é provável que os nutrientes absorvidos e acumulados nas folhas drenaram-se para destinos diferentes e com intensidades diversas para cada cultivar, mesmo porque, nas cultivares com baixa produtividade, a demanda de nutrientes continuou ocorrendo. Pode ter ocorrido também uma absorção total de nutrientes menor nas cultivares menos produtivas, uma vez que a regulação da absorção pelas raízes é fortemente influenciada pela demanda da parte aérea (MARSCHNER, 1997).

## 4. CONCLUSÕES

1. À medida que os frutos dos cafeeiros se desenvolvem há um decréscimo da concentração dos macronutrientes nas folhas dos ramos produtivos, entre dezembro e maio, com diferente intensidade para cada elemento, à exceção do cálcio, que nesse período teve concentração aumentada.

2. Da fase de “fruto chumbinho”, época da primeira coleta de folhas, até a fase de “fruto verde”, segunda época de coleta, observou-se maior decréscimo na concentração de potássio, enquanto para o nitrogênio, fósforo, magnésio e enxofre o maior decréscimo ocorreu entre a segunda e a terceira coleta de folhas, ou seja, da fase de “fruto verde” para a fase de “fruto maduro”.

3. A avaliação do estado nutricional das plantas de café através das análises foliares, obtidas nas amostras de fevereiro, revelou teores adequados de nutrientes, considerando os níveis limiares para o cafeeiro, exceção do potássio, com teores baixos em dez cultivares.

4. Nos resultados da análise da variância, para os teores de macronutrientes nos grãos e na casca de café, não houve diferença significativa para as cultivares estudadas, exceção para o cálcio na casca. O grão acumulou mais nitrogênio, fósforo, magnésio e enxofre, enquanto a casca acumulou mais potássio e cálcio.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.R.; ARAÚJO NETTO, K.; CARVALHO, A. Produtividade de linhagens de Mundo Novo, Catuaí, Bourbon Amarelo, Catimor e Catindú no Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 11, Londrina, 1984. **Resumos ...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1984. p.177-178.
- ARZOLLA, S.; GOMES, L.; SARRUGE, J. R.; ANDRADE, R.G.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, X. Extração de macronutrientes na colheita pelas variedades Mundo Novo, Caturra e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.20, p.41-52, 1963.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. (Ed.). **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78)
- CALBO, A.G. Senescência em folhas e migração de solutos. In: SODEK, L.; CASTRO, P.R.C.; NEVES, M. C. P. REUNIÃO BRASILEIRA DE FISILOGIA VEGETAL, 2. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1989. p.123-134.

- CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P. A composição química do cafeeiro. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.33, n.1, p.45-52, 1958.
- CATANI, R.A.; PELEGRINO, D.; BERGAMIN FILHO, H.; GLORIA, N.A. da; GRANER, C. A.F. A absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo cafeeiro aos dez anos de idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.22, p.81-89, 1965.
- 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 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.24, p.249-263, 1967.
- CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. Safra 2004/2005. Terceiro levantamento - agosto/2004. <http://www.conab.gov.br/download/safra/safracafe.pdf>. Acesso em: 13/09/2004.
- FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO FILHO, O.; SILVAROLLA, M.B. Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônomo de Campinas. In: Zambolim, L. (Ed.) *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2002. p.63-215.
- FURLANI, A.M.C. Absorção de nutrientes pelas plantas. In: BATAGLIA, O. C.; MEDINA, C.L.; BOARETO, A.E. CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CAFÉ. *Resumos...* Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.1-13.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P. Levantamento de cafezais do Estado de São Paulo pela análise química foliar. Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo. *Bragantia*, Campinas, v.29, p.237-247, 1970.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P. Teores de nitrogênio em folhas do cafeeiro, em relação à adubação química. Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho-Amarelo Orto. *Bragantia*, Campinas, v.30, p.169-177, 1971.
- HIROCE, R. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN J. A. (Ed.). *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA). 1981. p.117-137.
- MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R.; GOMES, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo, Caturra Amarelo e "Mundo Novo". Turrialba, São José, v.13, nº3, p.188-189, 1963.
- 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n. 7, p.1017-1022, 2002.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition fo higher plants*. Second Edition. London, Academic Press, 1997. 889p.
- PRADO, H. *Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo agrícola e geotécnico*. Piracicaba: Campus "Luiz de Queiroz", USP, 2003. 275 p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Estimulantes. In: FURLANI, A.M.C.; CAMARGO, C.E.O.; DA SILVA, N.M. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.93-101. (Boletim técnico, 100).
- RENA, A.B.; PEREIRA, A A.; BARTHOLO, G.F.; Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progênies de cafés resistentes à ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRA, 10., 1983, Poços de Caldas *Anais...*Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.169-170.