CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NOS FRUTOS E FOLHAS
E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELA COLHEITA
DURANTE UM CICLO PRODUTIVO DO CAFEEIRO
(*Coffea arabica* L. cv. CATUAI)

JÚLIO CÉSAR DIAS CHAVES

Orientador: Dr. JOSÉ RENATO SARRUGE

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para a obtenção do título
de Mestre em Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1982

Aos meus pais,
irmãos
e amigos

DEDICO

À minha esposa Érica
e ao meu filho Henrique Augusto

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge pela orientação e apoio irrestritos durante o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen pela colaboração durante a fase de análise química do material;

Ao Prof. Dr. Henrique Vianna de Amorin pela colaboração durante a fase de preparo das amostras;

Ao Pesquisador Científico do IAPAR Dr. Marcos Antonio Pavan pela versão do resumo em inglês;

Aos Engenheiros Agrônomos Armando Androciolli Filho e Tumoru Sera pelo apoio durante o desenvolvimento do plano experimental;

À Bibliotecária Maria Elizabeth Ferreira de Carvalho pela revisão da bibliografia;

Aos Funcionários do Laboratório de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Francisco Carlos Antonioli, Lúcia Helena S.Pavan e Lurdes Aparecida Dário pela análise química do material;

À Fundação Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR pela oportunidade concedida para realização do curso;

À Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA pelo auxílio financeiro;

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela acolhida e oportunidade de aperfeiçoamento.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Absorção e redistribuição de nutrientes pelas plantas	4
2.1.1. Absorção de nutrientes	4
2.1.2. Redistribuição de Nutrientes	14
2.2. Composição Química	23
2.3. Diagnose Foliar	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Localidade	35
3.2. Coleta de Frutos e Folhas	40
3.3. Preparo e Análise das Amostras	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. Desenvolvimento dos Frutos	43
4.2. Nitrogênio	47
4.2.1. Concentração	47
4.3. Fósforo	55
4.3.1. Concentração	55

	Página
4.4. Potássio	61
4.4.1. Concentração	61
4.5. Cálcio	68
4.5.1. Concentração	68
4.6. Magnésio	75
4.6.1. Concentração	75
4.7. Enxofre	81
4.7.1. Concentração	81
4.8. Boro	86
4.8.1. Concentração	86
4.9. Cobre	93
4.9.1. Concentração	93
4.10. Manganês	99
4.10.1. Concentração	99
4.11. Zinco	104
4.11.1. Concentração	104
4.12. Extração dos Nutrientes	109
5. CONCLUSÕES	114
5.1. Desenvolvimento dos Frutos	114
5.2. Concentração de Nutrientes	114
5.3. Diagnose Foliar	115
5.4. Redistribuição de Nutrientes	115
5.5. Extração de Nutrientes	116
LITERATURA CITADA	117

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Análise Granulométrica e Química para fins de fertilidade	36
2	Adubação dos Cafeeiros	37
3	Dados termopluviométricos diários do Centro Experimental do IAPAR - Londrina-PR, no período de dezembro/80 a agosto/81	38
4	Época de amostragem de frutos e folhas	41
5	Acúmulo de matéria seca pelos frutos de uma cova de cafeeiros (2 plantas), em função do seu desenvolvimento (média de 6 repetições)	44
6	Análises da variância do peso (g/cova) da matéria seca e teor de macronutrientes dos frutos do cafeeiro em função da época de amostragem	45
7	Concentração (%) de nitrogênio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	48
8	Análise da variância do teor de macronutrientes das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	51
9	Concentração (%) de fósforo dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	56
10	Concentração (%) de potássio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	62
11	Concentração (%) de cálcio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	69
12	Concentração (%) de magnésio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	76
13	Concentração (%) de enxofre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	82

Tabela nº

Página

14	Concentração (ppm) de boro dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	87
15	Análise da variância do teor de micronutrientes dos frutos do cafeeiro, em função da época de amostragem	88
16	Análise da variância do teor de micronutrientes das folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	91
17	Concentração (ppm) de cobre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	94
18	Concentração (ppm), de manganês dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	100
19	Concentração (ppm) de zinco dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem	105
20	Quantidades (g/cova) de macronutrientes acumuladas e matéria seca produzida pelos frutos do cafeeiro nas épocas (dias entre parênteses) de máximo acúmulo	110
21	Quantidades (g/cova) de macronutrientes acumuladas pelos frutos do cafeeiro e percentagem (%) do total absorvido durante seu desenvolvimento	111
22	Quantidades (mg/cova) de micronutrientes acumuladas e matéria seca produzida pelos frutos do cafeeiro nas épocas (dias entre parênteses) de máximo acúmulo	112
23	Quantidades (g/cova) de micronutrientes acumuladas pelos frutos do cafeeiro e percentagem (%) do total absorvido durante seu desenvolvimento	113

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Curva de Regressão da quantidade de matéria seca (y) acumulada pelo fruto do cafeeiro em função do seu desenvolvimento (x)	46
2	Curva de regressão do teor de nitrogênio (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento(x)	49
3	Curvas de regressão dos teores de nitrogênio (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos em função da época de amostragem (x)	52
4	Curva de regressão do teor de fósforo (y) no fruto do cafeeiro em função do seu desenvolvimento (x)	57
5	Curvas de regressão dos teores de fósforo (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	59
6	Curva de regressão do teor de potássio (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	63
7	Curvas de regressão dos teores de potássio (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos em função da época de amostragem (x)	66
8	Curva de regressão do teor de cálcio (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	70
9	Curvas de regressão dos teores de cálcio (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	73
10	Curva de regressão do teor de magnésio (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	77
11	Curvas de regressão dos teores de magnésio (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	79
12	Curva de regressão do teor de enxofre (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	83
13	Curvas de regressão dos teores de enxofre (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	85

Figura nº		Página
14	Curva de regressão do teor de boro (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	89
15	Curvas de regressão dos teores de boro (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	92
16	Curva de regressão do teor de cobre (y) no fruto do cafeeiro, em função do seu desenvolvimento (x)	96
17	Curvas de regressão dos teores de cobre (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	97
18	Curva de regressão do teor de manganês (y) no fruto do cafeeiro em função do seu desenvolvimento (x)	101
19	Curvas de regressão dos teores de manganês (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	103
20	Curva de regressão do teor de zinco (y) no fruto do cafeeiro em função do seu desenvolvimento (x)	106
21	Curvas de regressão dos teores de zinco (y) em folha de ramos com frutos e folha de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (x)	108

CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NOS FRUTOS E FOLHAS E EXPORTAÇÃO
DE NUTRIENTES PELA COLHEITA DURANTE UM CICLO PRODUTIVO DO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L. cv. Catuai)

Júlio César Dias Chaves

Orientador: Dr. José Renato Sarruge

RESUMO

Trabalho realizado em talhão de cafeeiros (*Coffea arabica* L. Cv. Catuai) H 2077 - 2 - 5 - 39 com 5 anos de idade, localizado no centro experimental do IAPAR em Londrina - PR (23°23' de latitude sul e 51°11' de longitude oeste e 566 m de altitude), situado em um Latossolo Roxo distrófico, com os objetivos de (1) determinar a variação de nutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro desde o início de formação até a maturação dos frutos; (2) quantificar a extração de nutrientes pelos frutos; (3) conhecer o ritmo de sua extração.

As amostragens, em número de 12, foram iniciadas quando os frutos se apresentavam no estadio "chumbinho" e repetidas a cada 21 dias até a maturação. Foram coletados frutos, folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos. No material coletado foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, manganês e zinco.

Foram obtidas curvas representativas das concentrações dos nutrientes nos frutos, nas folhas de ramos com frutos e nas folhas de ramos sem frutos, em função da época (idade) a partir dos dados calculadas

através de equações de regressão. Pelos pontos de máximo estimaram-se a produção de matéria seca e as quantidades de nutrientes extraídos pelos frutos.

Concluiu-se que:

- A produção máxima de matéria seca nos frutos ocorreu aos 217 dias, a partir do início do aparecimento de "chumbinho".

- As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn foram mais elevadas, nos frutos, no início de sua formação e as concentrações de S foram mais elevadas na sua maturação.

- O comportamento do N, P, B e Zn ao longo do desenvolvimento dos frutos, foi individualmente, diferente quando se analisaram folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos. Para o K, Ca, Mg, S, Cu e Mn o comportamento foi semelhante para ambos os tipos de folhas.

- Nas folhas de ramos com frutos as concentrações de N, P, K, Mn e Zn foram mais altas no início do desenvolvimento dos frutos enquanto que os teores de Ca, Mg, S, B e Cu foram mais baixos neste mesmo período.

- Nas folhas de ramos sem frutos as concentrações de P, K e Mn foram mais altas no início de desenvolvimento dos frutos enquanto que os teores de N, Ca, Mg, S, Cu e Zn foram mais baixos neste mesmo período. A concentração de B permaneceu estável durante todo o período de frutificação.

- A avaliação do estado nutricional do cafeeiro (diagnose foliar) para N, P, B e Zn deve ser feita utilizando-se as folhas de ramos

com frutos. Para K, Ca, Mg, S, Cu e Mn, pode ser feita utilizando-se tanto folhas de ramos com frutos quanto folhas de ramos sem frutos.

- A extração de nutrientes pelos frutos obedeceu a seguinte ordem decrescente: potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, manganês, boro, cobre e zinco.

NUTRIENT CONCENTRATION IN FRUITS AND LEAVES AND HARVEST REMOVAL OF NUTRIENTS IN ONE PRODUCTIVE CYCLE OF THE COFFEE PLANT

(*Coffea arabica* L, cv, CATUAI)

Júlio César Dias Chaves

Adviser: Dr. José Renato Sarruge

SUMMARY

A field experiment was conducted during the 1980-1981 growing season with five year-old coffee trees (*Coffea arabica*, L. cv. Catuai H 2077 - 2 - 5-39) to investigate; (1) the nutrient content variations in the leaves and fruits of coffee trees from the early period of fruit formation (pinhead) until the final stage of fruit ripening, (2) the total amount of nutrients extracted by coffee fruits, and (3) the nutrient extraction rhythm by coffee fruits. The experimental field was located at the IAPAR Experimental Station, Londrina, State of Paraná, Brazil (23°23' south latitude, 51°11' west Greenwich longitude, and at 566 m altitude) where the dystrophic "roxo" latosol (Oxisol) is the dominant soil type.

To determine the change in leaf and fruit nutrient content with time, leaf and fruit samples were collected every 21 day-intervals starting when the coffee fruits were young (pinhead) up to their final stages of complete maturation. A total of twelve samples were collected during the coffee fruit growing season. All samples were divided into leaf and fruit samples from branches with coffee fruits and leaf samples

from branches without coffee fruits. These plant materials were dried, weighed, ground and then analyzed for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn and Zn. Regression equations are presented relating the nutrient concentration; in fruits and leaves of branches with fruits, and in leaves of branches without fruits as a function of time of sampling (physiological fruit age). The maximum production of dry matter and nutrient extracted by coffee were estimated from the maximum peak period obtained on the curves represented by a regression equation.

This study allowed the following conclusions:

- The maximum accumulation of dry matter in coffee fruits was obtained at 217 days counted from the early fruit formation (pinhead).
- The concentrations of N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn, and Zn were higher in young fruits (pinhead), whereas the concentration of S was higher in old fruits (complete maturation).
- A plot of nutrient concentration as a function of sampling time indicated that; (1) the concentrations of N, P, B, and Zn in leaves sampled of branches with fruits were different than those sampled of branches without fruits, and (2) the concentrations of K, Ca, Mg, S, Cu, and Mn were approximately equal in leaves sampled of both types of branches.
- The concentrations of N, P, K, Zn, and Mn in leaves of branches with fruits were higher during the early fruit development, whereas the concentrations of Ca, Mg, S, B, and Cu in leaves of the same type of branches were lower during the early fruit growth than during the final fruit maturation.

- The concentrations of P, K, and Mn in leaves of branches without fruits were higher during the early fruit development, whereas the concentrations of N, Ca, Mg, S, Cu, and Zn in leaves of the same type of branches were lower during this fruit stage. The concentration of B in leaves was approximately constant during the fruit growth period.

- Analysis of coffee leaves for diagnostic nutrient status indicated that the leaves of branches with coffee fruits best reflected the varying N, P, B and Zn. For diagnosing K, Ca, Mg, S, Cu, and Mn status, the study has shown that the leaf samples can be taken either from branches with fruits or from branches without fruits.

- The order of nutrient extraction by coffee fruits was the following: $K > N > Ca > Mg > S > P > Mn > B > Cu > Zn$.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café (*Coffea arabica*, L.), foi introduzida no Brasil em 1727 no Estado do Pará, expandindo-se até a Bahia, atingindo o Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Atualmente os Estados mais importantes na produção do Rubiácea são: Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Espírito Santo.

Embora venha sofrendo as influências climáticas (secas e principalmente geadas) ao longo dos anos, continua sendo a cultura mais importante em termos de geração de divisas para o País, contribuindo com cerca de 15% da receita com as exportações, segundo o IBC.

O Brasil ocupa desde muitos anos, a liderança mundial na produção e na exportação de café. No entanto, essa liderança vem sendo mantida graças a extensa área cafeeira, que compensa a baixíssima produtividade atual alcançada nas lavouras brasileiras: cerca de 500 kg de café beneficiado por hectare.

Entre os fatores que tem contribuído para a baixa produtividade, podem ser citados como de fundamental importância, aqueles

relacionados com a nutrição e adubação do cafeeiro. A alta exigência nutricional da espécie, muito sensível a desequilíbrios nutricionais, aliado ao pouco estudo, nesta área, da cultivar "Catuaí", hoje compondo grande proporção do parque cafeeiro dos principais Estados, tem de certa forma colaborado para que o problema se agrave ainda mais. A nutrição vegetal é analisada na agricultura principalmente sob o ponto de vista de produção; no caso do cafeeiro, quanto à produção de frutos (café). Normalmente, a produção é retirada da área produtora, levando consigo consideráveis quantidades de macro e micronutrientes. Especialmente no caso do café, variedade "Mundo Novo", sabe-se que 1000 kg de frutos exportam cerca de aproximadamente 17,0 kg de nitrogênio (N) 1,3 kg de fósforo (P), 26,0 kg de potássio (K), 3,5 kg de cálcio (Ca), 1,5 kg de magnésio (Mg), 1,5 kg de enxofre (S), 25,0 g de boro (B), 55,0 g de ferro (Fe), 25,0 g de manganês (Mn), 41,0 g de zinco (Zn), segundo MALAVOLTA (1981).

Conhecer a extração de nutrientes pelos frutos das variedades cultivadas atualmente, no que concerne a quantidade e época, significa possuir importante informação para a formulação de uma adubação equilibrada do cafeeiro.

No entanto, este fornecimento de fertilizantes só estará assentado em bases científicas quando, além da extração, também se conhecer o ritmo com que esses nutrientes são carregados para os frutos.

Os objetivos do presente trabalho foram os de determinar a variação na concentração de macro e micronutrientes nos frutos e folhas (de ramos com frutos, e de ramos sem frutos) do cafeeiro, desde o

período de início de formação até a maturação dos frutos, bem como quantificar a sua extração de nutrientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Absorção e redistribuição de nutrientes pelas plantas

2.1.1. Absorção de nutrientes

A produção final de uma cultura é o reflexo da interação entre alguns fatores que fundamentalmente estão ligados ao germoplasma e ao meio ambiente. A produção de determinada espécie traduz o potencial de cada um desses fatores e sua integração no indivíduo.

A capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas se situa como um dos fatores de maior importância para a exaltação de seu potencial produtivo.

Embora outras partes da planta, principalmente as folhas, possam absorver certa quantidade de elementos minerais quando colocados em contato com ela, nas plantas superiores o órgão sede por excelência da absorção dos nutrientes minerais é a raiz. Assim é que há muito o filósofo e biólogo Aristóteles já tinha idéias de como as plantas se alimentavam: seria a planta um animal invertido, no sentido de manter a boca no chão.

"Absorpcion" e "uptake" são os termos usados na literatura estrangeira geralmente para expressar a entrada de uma substância dentro da célula vegetal, tecido ou órgão, por qualquer mecanismo (ROBERTSON, 1951).

A constatação da necessidade de se fornecer nutrientes às plantas data da era antes de Cristo. O uso de fertilizantes, já era hábito entre os chineses, gregos e romanos (COELHO e VERLÊNGIA, 1971).

A absorção e movimento de água e sais através das plantas foram estudados no século XVIII. Stephen Hales (1769), citado por CRAFTS (1961), executou vários experimentos nos quais mediu a quantidade de água transpirada pelas plantas. Estudou também a absorção de água pelas raízes e ramos destacados.

O conhecimento sobre o papel dos elementos minerais na nutrição das plantas desenvolveu-se lentamente desde o trabalho de Lavoisier, Ingenhousz e Senebier (RUSSEL, 1927). De Saussure, citado por CRAFTS (1961), baseando estudos nestes trabalhos anteriores, encontrou que os elementos minerais são incorporados dentro da planta como o carbono; evidenciou a essencialidade do nitrato para as plantas superiores e que o nitrogênio utilizado pelas plantas vinha do solo e não da atmosfera.

Ele indicou que as plantas absorvem muito mais água do solo do que suas exigências para o crescimento e que absorvem determinados elementos minerais do solo não exigidos para o crescimento (elementos não essenciais); as plantas, absorvem também, minerais do solo

em proporções diferentes de suas ocorrências na solução do solo.

Knop e Sachs (sem data), citados por MAXIMOV (1946), esclareceram a indispensabilidade para a nutrição das plantas do K, Ca, Mg, Fe, S, P e N.

Embora o uso de fertilizantes remonta da era antes de Cristo, somente com Liebig (1840), citado por MALAVOLTA *et alii* (1967), iniciou-se a aplicação química na agricultura. A ênfase era com relação às produtividades das culturas e pouca atenção se deu ao mecanismo pelo qual as plantas obtinham o nutriente do solo.

Durante muito tempo se considerou a absorção radicular de sais como um simples processo de difusão destes desde o solo. Atribuiu-se grande importância sobretudo a chamada "Corrente transpiratória", ou seja, o movimento da água desde o solo às raízes e destas, ao longo do caule, até as folhas em virtude da evaporação continuada de água na folhagem (MAXIMOV, 1946).

Em memorável documento HOAGLAND e DAVIS (1923) relataram sobre os experimentos com uma alga de água doce, *Nitella*, cujas células apresentavam alguns centímetros de comprimento, permitindo a fácil remoção do suco celular para análise. Os resultados foram comparados aos da análise da água na qual as plantas estavam crescendo. Evidenciou-se que os elementos determinados no suco celular, a exceção do nitrogênio, estavam presentes em mais alta concentração que na água do reservatório.

Dos muitos trabalhos sobre a acumulação de sais pelas raízes das plantas, HOAGLAND (1937), concluiu que a acumulação dos sais é

dependente das atividades metabólicas das células das plantas, associada com a respiração e refletida na produção de CO_2 .

Com relação a absorção de nutrientes pelas plantas em função do seu ciclo, HORNBERGER (1882), na Alemanha, divulgou os resultados de um estudo sobre o curso da absorção de nutrientes pelo milho. LIEBSCHER (1887) aprofundou ainda mais a teoria e o valor de tais estudos. Outros trabalhos foram realizados posteriormente com várias culturas através de SNYBER (1893), com trigo; BURD (1919), e BRENCHLEY (1929), ambos com cevada; CHAPMAN e PARQUER (1942) e ROY e GARDNER (1946), com a laranja; NORMAN (1944) e MASCARENHAS (1972), ambos com a soja; SARRUGE *et alii* (1963), com algodoeiro; AVILAN (1971), com a mangueira, CASTRO *et alii* (1975), com guaranazeiro e FERNANDES *et alii* (1977) com maracujazeiro. Além desses, WALQUER (1960), apresentou uma excelente revisão quanto a absorção de íons pelas plantas.

Com relação ao cafeeiro, as primeiras investigações realizadas no exterior devem-se a ANSTEAD e PITTOCK (1913) que estudaram a absorção de nutrientes pelos frutos através da variação no conteúdo mineral das cerejas durante o desenvolvimento.

Segundo SAMUELS (1957), o cafeeiro absorve os nutrientes que necessita para seu crescimento, sendo que um dos aspectos do crescimento é o desenvolvimento das cerejas para as colheitas; ao iniciar a produção, o cafeeiro passa a ter duas bocas a alimentar. A primeira seria para a formação de cerejas para a próxima safra e a segunda, necessária ao crescimento da árvore em si, ou seja, para a formação de novos ramos, folhas, etc.

LOUË (1958), observou maior absorção de nutrientes pelo cafeeiro no período de vegetação intensa; encontrou maiores teores foliares de N e P nesta época. A nutrição potássica encontra-se no máximo, no período chuvoso e com relação ao cálcio, o teor foliar é máximo no período de seca.

PARRA *et alii* (1962), estudaram a absorção de radiofósforo pelo cafeeiro através de vários modos de aplicação, concluindo que a maior absorção se conseguiu incorporando superficialmente ao solo a 30cm do tronco.

No período de crescimento os níveis foliares são mais altos devido a maior atividade fisiológica da planta caracterizada pela maior absorção de nutrientes minerais e nenhuma perda das reservas nutricionais. (HUERTA, 1963).

HART (1966), evidenciou a necessidade de utilização de fertilizantes em Cafeeiros na Nova Guiné e detalhou a respeito da extração de nutrientes pelas folhas, polpas, sementes e cerejas maduras.

Na Uganda, STEPHENS (1967), correlacionou produtividade de cafeeiro com fertilidade do solo e encontrou produtividades significativamente relacionadas ao pH ou teores de K trocável.

CARVAJAL *et alii* (1969), constatarem a absorção líquida dos elementos minerais maiores (macronutrientes) com excessão do enxofre, por plantas de café (*Coffea arabica* var. Bourbon) durante um ciclo vegetativo e reprodutor completo. A contribuição por parte dos nutrientes estudados ao total da absorção líquida indicou claramente que o

nitrogênio é o elemento quantitativamente mais importante na nutrição do café, seguido do potássio. A contribuição desses elementos ao total absorvido foi de 48 e 28% respectivamente. Observaram ainda que cada nutriente está sujeito a um padrão de absorção "sui generis" durante o ano.

Já na década de 70, CANNELL e KIMEU (1971), estudando a absorção e distribuição de macronutrientes em cafeeiros no Kenya, constataram que o conteúdo total de nutrientes das partes vegetativas das plantas foram geralmente na seguinte ordem: folhas > ramos > raízes > tronco. Verificaram ainda que a planta madura (1 planta $\pm 4^{1/2}$ anos de idade) retira cerca de 100,0 g N; 6,0 g P; 100,0 g K; 35,0 g Ca e 10,0 g Mg por ano, dos quais 9-29% (dependendo do elemento) são removidos por uma produção média de frutos. Assim, calcularam que 1100 kg de café em coco, retiram aproximadamente 23,0 kg N; 1,7 Kg P; 29,0 Kg K; 2,7 Kg Ca; 2,0 Kg Mg e 2,3 Kg S.

GOPAL *et alii* (1976), verificaram que a absorção e translocação de P^{32} de folhas aplicadas foram consideravelmente mais altas no arábica cv. S.795 que no robusta cv. 274. Isto sugeriu que as necessidades de P durante o desenvolvimento do botão floral e antes é maior no arábica que no robusta.

KUMAR (1979), apresentou uma excelente revisão da literatura disponível sobre o relacionamento entre umidade do solo e variação diária no estado de água da planta, condutância foliar, fotossíntese, absorção de NPK, crescimento e produções, absorção mineral em relação à seca e a resposta do cefeeiro a aplicação tardia de N.

Estudando o efeito da umidade do solo sobre a absorção mineral de potássio e nitrogênio e crescimento do *café* *arabica*, TESHA e KUMAR (1979) constataram que a absorção de N e K não foi afetada pelo nível de umidade até 50% da capacidade de campo, porém abaixo de 50%, a absorção de N e K foi lenta. A absorção de P não foi afetada pelo nível de umidade do solo. Notou-se uma interação positiva entre N e K e uma negativa entre N e P. A absorção de nutrientes relacionou-se com a quantidade aplicada. A nutrição em N e K aumentou mais o desenvolvimento do caule e a área foliar. A nutrição em N, aumentou o número de nós (nódulos).

Jã ORUKO e GATITU (1970), compararam em cafeeiros, os efeitos do K e Mg em diversos níveis e encontraram marcada interação entre K e Mg sobre o desenvolvimento da planta (diâmetro da planta). Altos níveis de K e baixo em Mg, resultou em morte dos ramos e queda das folhas, especialmente durante a frutificação.

Quanto ao uso de NPK, influenciando a produção de *Café* *arabica*, MATHEW e RAO (1980) fizeram uma revisão e discussão em torno do assunto.

NJAGI (1980), estudando o uso econômico de fertilizantes na produção de café, encontrou relação entre a quantidade de fertilizante nitrogenado usado, incremento na produtividade e economicidade,

No Brasil, seguramente coube a DAFERT (1895), os primeiros estudos sobre a nutrição do cafeeiro. Este pesquisador verificou a extração de nutrientes pela raiz, caule, ramos e frutos. Posteriormente

CATANI e MORAES (1958), investigando a composição química do cafeeiro, concluíram que as quantidades médias dos elementos retiradas por uma planta com cinco anos de idade foram de 117,5g N; 16,4g P_2O_5 ; 121,3g K_2O ; 77,1g CaO e 23,5g MgO. Dessas quantidades totais, os frutos foram responsáveis pela retirada de 33,4g N; 5,04g P_2O_5 ; 42,52g K_2O ; 5,21g CaO e 5,54g MgO. Em termos percentuais, os frutos seriam responsáveis por cerca de 28% de todo N contido na planta; 31% de todo P; 35% de todo K; 7% de todo Ca e 23% de todo Mg.

CATANI *et alii* (1965), continuando suas pesquisas sobre a nutrição do cafeeiro, verificaram que as quantidades de macronutrientes absorvidas pelo cafeeiro var. Mundo Novo aos dez anos de idade foi de 219,3 Kg N; 15,5 Kg P; 179,0 Kg K; 135,5 Kg Ca; 29,4 Kg Mg e 23,6 Kg S. Por outro lado, a produção de frutos no ano em que o cafeeiro completava dez anos de idade exigiu 21,0g N; 2,1g P; 26,7g K; 2,7g Ca; 1,7g Mg e 1,4g S.

ARZOLLA *et alii* (1963), calcularam as quantidades de elementos extraídas por uma saca de café beneficiado (60 Kg grãos) em 1026,0g N; 60,0g P; 920,0g K; 162,0g Ca; 90,0g Mg e 720,0g S.

Segundo CATANI *et alii* (1967a), as quantidades de micronutrientes, extraídas pelo cafeeiro variedade Mundo Novo, aos dez anos de idade, para o desenvolvimento de seu tronco, ramos e folhas foi de 555,0mg B; 37157,0mg Cl; 214,0mg Cu; 3765,0mg Fe; 776,0mg Mn, 1,6mg Mo e 144,0mg Zn. A quantidade de alumínio extraída foi de 2068,0mg. A extração de micronutrientes promovida pelos frutos pode ser calculada, tomando-se como 2000 Kg de café em coco a produção de 1000 covas. A quantidade

removida foi 24,0g B; 3380g Cl; 21,0g Cu; 55,0g Fe; 19,0g Mn; 11,0g Zn e 0,15g Mo.

De acordo com MORAES e CATANI (1964), a percentagem de matéria seca aumentou à medida do desenvolvimento do fruto, observando-se o inverso com os elementos minerais. Houve um grande aumento na acumulação de NPK e matéria seca no fruto durante as últimas semanas que antecederam o final da maturação. Com relação a assimilação de NPK, nos últimos 60 dias os frutos apresentaram um aumento da ordem de 49,36 e 39% respectivamente do total existente no fruto, quando este atingiu a maturação completa.

Parte dos resultados alcançados por MORAES e CATANI(1964), foram corroborados por CATANI *et alii* (1967b), verificando ainda estes autores que todos os macro e micronutrientes, ferro, cobre, boro e molibdênio, foram exigidos continuamente durante todo o ciclo formativo do fruto. O zinco e manganês não foram exigidos em quantidades crescentes nos estágios finais do desenvolvimento. O potássio contribuiu com 52% e o nitrogênio com 34% da quantidade total de macronutrientes acumulada. O Fe correspondeu a 39% e o Mn a 33% da quantidade total de micronutrientes acumulada.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), a exemplo de MORAES e CATANI (1964), também constataram que as percentagens dos elementos Ca, P, K e Mg declinavam à medida do desenvolvimento dos frutos. Já o Mn manteve-se relativamente estável.

MENARD e MALAVOLTA (1957), estudando o fornecimento de P^{32} em mudas de café verificaram que após 24 horas, 14,7% do material

ativo havia sido absorvido. A percentagem elevou-se para 30,8% em 48 horas e 68,7% em seis semanas.

MALAVOLTA *et alii* (1959), comparando formas de fornecimento de superfosfato para o cafeeiro em Terra Roxa misturada, concluíram que a absorção do P^{32} foi mais intensa quando fornecido à superfície do solo.

SARRUGE *et alii* (1966), suprimindo P^{32} em cafeeiros jovens, via radicular e foliar, observaram que a absorção foi muito mais rápida, mediante a aplicação foliar que radicular.

Quanto a absorção do radiozinc, segundo ARZOLLA (1955), quando aplicado diretamente nas folhas chegou a ser oito vezes mais intensa que no caso do fornecimento à solução nutritiva (radicular). A aplicação na página inferior da folha foi mais eficiente; cerca de 40% do Zn aplicado foi absorvido.

ARZOLLA *et alii* (1955-1956) verificaram que a absorção de Zn por cafeeiros não foi afetada pela variação na concentração de Fe na solução nutritiva no intervalo de 0 a 10 ppm, mas foi aproximadamente a metade pelo aumento na concentração de Mn de 0,5 para 5,0 ppm, Cu de 0,02 a 0,2 ppm ou Mo de 0,01 a 0,1 ppm. Quando o Cu foi omitido, a absorção de Zn aumentou.

HAAG e SARRUGE (1967), estudando a absorção de Zn por raízes destacadas de cafeeiro, concluíram que o processo de absorção de Zn é um fenômeno metabólico, podendo ser inibido pela presença de venenos respiratórios. A presença de cálcio na concentração de 10^{-5} M teve

efeito estimulatório na absorção de Zn. B ou Fe estimularam a absorção de Zn; o Cu exerceu efeito antagônico na absorção de Zn.

AMORIN *et alii* (1968), estudando o efeito da variação do pH (4,0 a 7,5) no desenvolvimento e composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. Mundo Novo) cultivado em solução nutritiva constataram que a absorção de macronutrientes diminuiu com o aumento do pH, sendo que a melhor faixa para o crescimento em altura, número de folhas, peso da matéria fresca e seca foi o de 4,0 a 6,0.

GODOY JUNIOR e GRANER (1970), encontraram efeito benéfico do uso de fertilizantes quanto a produção, rendimento de café coco em café beneficiado, peneira média, etc.

2.1.2. Redistribuição de Nutrientes

É conhecido desde muito tempo que alguns nutrientes minerais se redistribuem nas plantas, movendo de folhas maduras para folhas jovens em crescimento e para o meristema apical. Assim é que uma planta abundantemente alimentada com fósforo, pode posteriormente crescer até a maturidade em solo deficiente de fósforo (CRAFTS e CRISP, 1971).

Uma "fonte", seja uma folha madura, pode estar localizada entre dois reservatórios, por exemplo: uma folha nova em desenvolvimento rápido no ramo, acima dela e um fruto em crescimento, abaixo. Pode o assimilado da "folha fonte" mover-se na direção dos dois reservatórios? Em outras palavras: pode haver movimento bidirecional do carboidrato no floema do caule? Mason *et alii* (1936) e Phillis e Mason (1936), verificaram que a resposta é sim (EPSTEIN, 1975).

Coube a Marcellus Malpighi (1675, 1679), as primeiras observações sobre o movimento ascendente e descendente das substâncias no caule através dos vasos, ocorrendo no lenho e no cortex (casca) (CRAFTS, 1961). Após isso, muitos trabalhos foram realizados por pesquisadores tentando explicar o movimento de água e nutrientes dentro da planta. Os conhecimentos sobre o mecanismo do processo foram ampliados consideravelmente após as clássicas investigações do inglês Hales em 1727 (MAXIMOV, 1946).

MILTHORPE e MOORBY (1969), revisando o assunto, verificaram que dos íons que chegam à folha, apreciáveis quantidades são retranslocadas via floema, sendo o grau de mobilidade provavelmente determinado pela velocidade do movimento dentro e fora do floema. O fósforo é particularmente móvel. A maior parte que chega às folhas muito novas vem das folhas velhas, mas a maior parte que é importada para rápida expansão e maturação das folhas vem diretamente das raízes. A translocação parece ser controlada pela folha fonte. O potássio tem uma mobilidade similar àquela do fósforo. A circulação do sódio e cloreto é muito baixa. Aparentemente os íons cálcio não podem entrar nos tubos crivosos porque são preferentemente absorvidos nos sítios extremos do floema. Algum movimento pode ser detectado com altas concentrações de cálcio, quando possivelmente estes sítios estão saturados, ou com adição de íons hidrogênio ou agentes quelantes.

Segundo MITCHELL *et alli* (1960), o movimento do íon para baixo, ocorre após a aplicação de nitrogênio, fósforo, ferro, magnésio e alguns outros elementos à folhagem. Os íons podem também moverem-se

para fora de uma determinada folha se a deficiência de um dado elemento desenvolve-se em outra parte da planta ou se a folha se torna velha (senescente). Evidências tem sido obtidas com elementos radioativos ou com compostos contendo elementos radioativos, indicando que o movimento dos íons das folhas é via floema. Quando um íon chega ao caule, ele pode continuar em uma direção para cima ou para baixo no floema. Interessantemente, se dois ou mais íons são supridos à folha, seus movimentos no floema do caule podem ser em diferentes direções simultaneamente ou na mesma direção, mas em velocidades diferentes.

A velocidade de movimento dos íons no floema é muito alta para ser explicado com base na simples difusão. Radiofósforo e fotossintatos tem sido observados moverem-se para baixo no floema a velocidades de 21 e 100 cm por hora respectivamente.

BIDDULPH (1941), trabalhando com feijoeiro, concluiu que havia migração do P^{32} das folhas, sendo inicialmente a direção de migração predominantemente para baixo.

BIDDULPH e MARKLE (1944), com algodoeiro, constataram que o radiofósforo moveu via floema, caminhando da folha para outras partes da planta. A velocidade de movimento em direção para baixo foi de 21cm por hora. O movimento no floema foi muito variado e envolvendo desde praticamente nada até mais de 40% do fosfato móvel, sugerindo que outros fatores internos desconhecidos podem controlar a velocidade e direção do movimento.

WITHNER (1949), estudou a distribuição de P^{32} em plantas maduras de milho através da aplicação de traçador como fosfato na raiz.

BUKOVAC e WITTWER (1957), estudaram a mobilidade de vários elementos minerais marcados, aplicados às folhas de feijoeiro e apresentaram a classificação seguinte:

<u>Movel</u>	<u>Parcialmente Móvel</u>	<u>Imóvel</u>
Rubídio Rb^{86}	Ferro Fe^{55-59}	Cálcio Ca^{45}
Sódio Na^{22}	Molibdênio Mo^{99}	Strôncio Sr^{89}
Potássio K^{42}	Zinco Zn^{65}	Bário $BaLa^{140}$
Fósforo P^{32}	Cobre Cu^{64}	
Cloro Cl^{36}	Manganês Mn^{52-54}	
Enxofre S^{35}		

verifica-se que aos micronutrientes é consignada uma posição intermediária.

BIDDULPH *et alii* (1958), determinaram os padrões de distribuição de P^{32} , S^{35} e Ca^{45} em feijão quando traçadores foram aplicados às raízes por uma hora e amostras foram autoradiografadas em períodos de 0, 6, 12, 24, 48 e 96 horas após a remoção dos traçadores. O cálcio sendo praticamente imóvel no floema, foi usado como base de comparação da distribuição do enxofre e fósforo. Foi encontrado alta mobilidade para o fósforo, corroborando os resultados encontrados por BUKOVAC e WITTWER (1957), porém para o enxofre foi considerado apenas como sendo de moderada redistribuição.

O Fe geralmente é considerado ser imóvel nas plantas, uma vez incorporado na folha não será redistribuído para tecidos jovens. Experimentação na qual o sulfato de ferro foi pulverizado a plantas cloróticas de *Sorghum vulgare*, indicou que há algum movimento; algumas das folhas novas anteriormente cloróticas, tornaram-se verdes (CRAFTS e CRISP, 1971).

BROWN *et alii* (1965), pulverizaram Fe^{59} em folhas de plantas jovens de *Sorghum*. O tratamento foi por 3 dias. Autoradiografias de folhas tratadas, mostraram translocação no apoplasto e simplasto. A concentração de Fe^{59} na ponta da raiz e folhas novas foi alta e nas folhas velhas foi baixa.

Os autores concluíram que o Fe^{59} é parcialmente móvel em plantas novas.

Estes resultados, não estão de acordo com Gile e Carrero (1916), citados por MENARD (1956), os quais verificaram a imobilidade do ferro na planta, considerando-o como elemento que não se redistribui.

Quanto ao boro, McILRATH (1965), verificou sua imobilidade no floema em várias espécies de dicotiledôneas.

STEUCEK e KOONTZ (1970), encontraram que o Mg^{28} foi mais móvel que o cálcio no floema, porém menos móvel que o potássio, no feijoeiro.

Panak e Szafranck (1967), citados por CRAFTS e CRISP (1971), aplicaram S^{35} à folhagem que exibiram limitado transporte simplástico às raízes e folhas jovens.

KOLLER (1975), estudando a influência do vírus da tristeza dos citros sobre a absorção e translocação do zinco, concluiu que a presença do vírus nas plantas intolerantes, ocasionou migração do Zn das folhas velhas, sendo mais acentuado nas copas de limoeiro galego.

AVILAN (1971), estudando os níveis de alguns macronutrientes nas folhas de manga (*Mangifera indica* Linn), encontrou que durante o período de formação dos frutos, o teor dos elementos é mais baixo. Provavelmente houve redistribuição dos elementos das folhas para os frutos em crescimento.

Segundo MALAVOLTA (1979), um fruto na adjacência da folha pode afetar o teor da maior parte dos elementos na mesma. Por outro lado a carga ou produção é capaz de influenciar até mesmo a composição das folhas situadas em ramos não portadores de frutos.

Reuther *et alii*, citados por MALAVOLTA (1979), mostram o efeito da frutificação na composição mineral de folhas de laranjeiras. Os teores de N, P, K e Mg de ramos sem frutos foram sempre maiores que de ramos com frutos.

Com relação ao cafeeiro, poucos trabalhos foram realizados nesta área e entre eles podemos citar o de PEREIRA *et alii* (1963), que estudaram a absorção e translocação de moléculas orgânicas e elementos minerais, utilizando materiais radioativos. Entre outras conclusões vale a pena ressaltar as seguintes:

- O C^{14} da uréia se move no floema desde as folhas fotossinteticamente ativas, provavelmente na forma de sacarose. Nas folhas

não iluminadas o faz principalmente em forma acrópeta, podendo mover-se como molécula intacta ou como um complexo de uréia e provavelmente não como sacarose, senão até que alcance as folhas iluminadas,

- O Ca^{45} não é movel no floema; é de alta absorção pelas raízes. As células das folhas tem uma forte tendência a acumular e fixar cálcio.

- O Zn^{65} se move no café em menor proporção que em outras plantas.

- A penetração foliar do P^{32} é lenta; altamente acumulado pelas raízes e de menor movimento que o cálcio em direção às folhas através do xilema.

CANNELL e HUXLEY (1969), investigando as diferenças estacionais no padrão de movimento de assimilados em ramos de *Coffea arabica* L., constataram através de autoradiografias que C^{14} das folhas tratadas acumularam variavelmente no broto apical, folhas em crescimento e em alguns frutos.

GOPAL *et alii* (1976), verificaram translocação mais alta de P^{32} na espécie arábica que no robusta.

PEREIRA e YAMAGUCHI (1964), aplicaram arseniato de amônio contendo As^{77} em plantas de café via foliar. Não observaram translocação do As aplicado em folhas imaturas. Das folhas recém maduras a translocação (redistribuição) foi predominantemente acrópeta em direção às folhas em crescimento. Aplicação em folhas velhas resultou na translocação para baixo acumulando nas pontas das raízes.

MULLER (1959), analisando folhas de café de diversas idades em um mesmo ramo verificou teores mais elevados de N, P, K e Mg nas folhas mais novas. Concluiu que esses elementos são redistribuídos facilmente das folhas mais velhas aos frutos e provavelmente também às folhas mais novas. Este processo determina um esgotamento quase completo das folhas mais velhas.

Segundo HUERTA (1963), na época de produção, os níveis de elementos na folha do cafeeiro são mais baixos por efeito da redistribuição das reservas das folhas até os frutos em crescimento. Portanto deve-se esperar níveis mais baixos para o mesmo par foliar durante o período de maturação dos frutos.

A quantidade de nutrientes redistribuídos até os frutos se efetua na base das reservas acumuladas das folhas diminuindo em consequência os níveis foliares. As reservas de nutrientes se redistribuem até os frutos desde todos os pares de folhas. Possivelmente o ritmo de redistribuição seja mais intenso em determinados pares e por conseguinte as diferenças dos níveis minerais antes e na maturação dos frutos sejam de maior amplitude.

CANNEL e KIMEU (1971), constataram em cafeeiros no Kenya, que as folhas novas, sempre que analisadas, apresentavam teores mais elevados em todos os nutrientes, exceto Ca que era mais rico nas folhas velhas.

No Brasil, raríssimos são os trabalhos visando o estudo da redistribuição dos elementos na planta, principalmente com cultura do café.

MENARD e MALAVOLTA (1957), estudando a absorção e distribuição do fósforo radioativo no cafeeiro, verificaram que a acumulação foi particularmente alta em raízes secundárias e nas partes velhas do caule. Folhas novas acumularam mais que as velhas e os vasos e pecíolos se apresentaram mais ricos que as regiões internervais em P^{32} .

SARRUGE *et alii* (1966), observaram translocação muito mais rápida do P^{32} mediante aplicação foliar que radicular.

MALAVOLTA *et alii* (1959), estudando o modo de fornecimento de P^{32} observou que as folhas do cafeeiro absorvem o radiofósforo e que este se transloca para outros órgãos da planta. Notou-se que as atividades/unidade de peso foram mais altas nos órgãos novos, isto é, o caule e as folhas acima ou apostas àquelas que receberam o fósforo radioativo. Isto significa que a translocação foi mais intensa para os tecidos metabolicamente ativos.

ARZOLLA (1955-56), verificou que aproximadamente 12% do zinco aplicado às folhas de cafeeiros, translocou-se principalmente para baixo.

SILVA e SILVA (1956), analisando folhas de café colhidas de ramos com frutos e ramos sem frutos verificaram que as folhas de ramos sem frutos são mais ricas em nitrogênio com diferença de 0,23%. O mesmo aconteceu em potássio e fósforo, sendo as diferenças de 0,51% e 0,013% respectivamente.

Quanto ao cálcio e magnésio, foram constatados que as folhas de ramos sem frutos são mais pobres sendo as diferenças de 0,26% e 0,03% respectivamente.

2.2. Composição Química

O cafeeiro é planta que apresenta alta exigência em nutrientes minerais. Segundo MALAVOLTA (1974), as exigências do cafeeiro aumentam segundo sua idade. Por volta dos 3 anos esta exigência duplica, o que deve ser quase exclusivamente ao início da produção de grãos.

Muitos trabalhos tem sido realizados com várias culturas, visando a determinação da sua composição química. Assim, podemos citar SARRUGE *et alii* (1963), com algodoeiro; BATAGLIA (1977); TAKIDZE (1981), com laranjeira; SHEAR e SMITH (1969); ZEIGER e SHELTON (1969), com macieira; DROVER (1970), com cacaueiro; AVILAN (1971), com mangueira; SOLORZANO e BORNEMISZA (1976), com mandioca; FERNANDES *et alii* (1977), com maracujazeiro e CAHOON (1980), com videira.

Com relação ao cafeeiro, um dos primeiros trabalhos realizados no exterior foi executado por ANSTEAD e PITTOCK (1913), os quais estudaram a composição química dos frutos de café durante o seu período de desenvolvimento.

LOUE (1957), encontrou teores mais elevados de N no grão do que na polpa para *Coffea canephora* var. Robusta. Quando comparou a composição mineral do *C. canephora* com *C. arabica*, verificou haver grande diferença.

Parte desses resultados foram corroborados por VASUDEVA e GOPAL (1977), que analisaram o conteúdo de N na polpa, mucilagem e sementes de *C. arabica*, *C. canephora* e *C. dewereii*, concluindo que as sementes contem mais N que os demais componentes. Por outro lado numa análise

de bebida, verificaram que altas quantidades de N nas sementes depreciam a qualidade da bebida. Excessivo conteúdo de N nas sementes tende a acumular mais cafeína, desde que o N é uma das fontes para a síntese de cafeína.

Quanto ao teor de cafeína, efeito semelhante do N foi observado por MIRANDA (sem data).

VERLIÈRE (1973a), estudando a nutrição do cafeeiro, verificou que os elementos K, Ca e Mg são mais elevados na polpa que no grão. Quanto ao N e P, estes são mais ricos na semente.

RAMAIAH e VASUDEVA (1969), conduziram estudos fisiológicos sobre o crescimento de frutos de *Coffea arabica* L. com respeito ao incremento do peso de matéria fresca, peso da matéria seca e acumulação de nitrogênio de diferentes partes do fruto, desde o estágio de "chumbinho" até a maturação. Os resultados foram comparados com o crescimento das cerejas do *Coffea canephora*. Observaram-se 3 períodos distintos para a acumulação de N no caso do *C. arabica*; no entanto se registrou um tipo linear de crescimento no caso do *C. canephora*. Este fenômeno se sucedeu tanto para a cereja inteira como para o endosperma separadamente. No *C. arabica*, após uma alta acumulação inicial de N na casca, aparece uma queda a qual pode ser devido a redistribuição do N a diferentes partes. Uma preferencial acumulação de N pelo endosperma foi notificada aos 152 dias (após florescimento).

No fruto como um todo (polpa + sementes) em termos percentuais até aproximadamente 102 a 117 dias (após o florescimento), acumulou 50% do N; desse período até os 167 dias, acumulou 67%, daí até o

final da maturação completou os 100%.

CANNEL e KIMEU (1971), estudando a absorção e distribuição de macronutrientes em cafeeiros, verificaram que a composição média de planta com remoção do botão floral foi de 0,092% P; 0,167% Mg; 0,51% Ca; 1,29% K e 1,54% N orgânico. Proporcionalmente seria: 1 P: 1,8 Mg: 5,5 Ca: 14 K: 17 N. As folhas continham maior percentagem de nutrientes que o lenho e raízes, com duas notáveis excessões. Os ramos foram mais ricos em P que folhas velhas (0,128% P nos ramos e 0,108% nas folhas velhas) e as raízes finas (< 3 mm diâmetro) foram igualmente ricas em Mg. Com relação a soma de cations nas folhas velhas foi de 42% K; 41% Ca e 16% Mg, mas em plantas com frutificação o teor foliar foi de 36% K; 50% Ca e 14% Mg.

ADUAYI (1971), verificando o efeito do Cu sobre o crescimento e conteúdo de macronutrientes em mudas de café, constatou que aumentando os níveis de Cu diminuiu a concentração de N, K e Ca em folhas de *Coffea arabica*; aumentou o teor de N e diminuiu o de P no tronco e ramos. A concentração de N, P e Mg nas raízes também diminuiu.

Analizando diversas partes do cafeeiro KOSS *et alii* (1973), encontraram as seguintes concentrações de Cu: folhas (21-22 ppm), caule (40 ppm), raízes (80 ppm) e ramos laterais (75-100 ppm).

SAMUELS e CAPO (1952), estudando o efeito de um elemento fertilizante sobre a absorção e concentração deste elemento e de outros na planta, observaram com relação ao café que a adição de N ao solo, não afetou significativamente a concentração foliar de P, K e Ca. A aplicação de fósforo diminuiu os níveis de Ca nas folhas de café. A adição

de potássio não afetou a concentração de N e P. Uso de níveis crescentes de cálcio no solo aumentou a concentração de P e K nas folhas e não afetou o nível de N.

Por outro lado, FORESTIER e BELEY (1969), estudando os efeitos de alguns macronutrientes sobre a nutrição mineral e produtividade de cafeeiros robusta, verificaram que o N aumentou a produção e os teores foliares de N. Baixou o teor foliar de K e aumentou os de Ca e Mg. Quanto aos micronutrientes, a adubação nitrogenada aumentou o teor de Mn, diminuiu de Fe, Cu e Mo.

Já ARISTIZABAL e PULGARIN (1977), averiguando o efeito da fertilização com N, P, K na composição mineral das folhas de café, constataram que a aplicação de N aumentou o teor foliar de N e Mg e diminuiu o de P e B. A aplicação de P aumentou o teor de P e Mg. O K reduziu o teor foliar de Ca e Mg. Teores foliares de N e Mg foram positivamente correlacionados com produtividade enquanto que teores de P e B foram negativamente correlacionados,

HUERTAS (1965), encontrou resultado semelhante ao de ARISTIZABAL e PULGARI (1977) com relação ao efeito do K.

RAO *et alii* (1979), observaram em mudas de café que a adição de cálcio não afetou os teores de P, K, Mg e Fe. Já o teor de Mn de cresceu com a elevação das quantidades de Ca.

Com relação a variação no teor dos elementos, em função da época, OMATOSO e OLOJOLA (1972), trabalhando com a espécie *Coffea canephora* Pierre, encontraram variação no teor foliar de macronutrientes

durante o ciclo do cafeeiro.

BONNET (1969), trabalhando com cafeeiros da variedade "Caturra" e "Borbon Vermelho" e amostrando folhas em duas épocas: ao final do verão (antes da colheita, no estágio de desenvolvimento e maturação ds frutos), e ao final do inverno, constatou que no verão os teores foram mais elevados para N, K e Mg. Teores semelhantes foram encontrados para P e micronutrientes (Mn, Fe, B, Cu e Zn) nas duas épocas. O teor de Ca foi mais elevado no inverno.

Jã VERLIÈRE (1973b) encontrou teores foliares de Fe mais baixos na estação chuvosa e mais elevados na estação seca. O Mn segue a mesma tendência. O Zn apresentou maiores teores no período das chuvas.

Segundo MULLER (1959), a composição de uma folha varia durante o processo de envelhecimento. Fazendo-se análises foliares consecutivas, com certos intervalos de tempo, os resultados mostraram que embora alguns nutrientes minerais aumentem em quantidade conforme aumenta a idade da folha, outros diminuem. O grupo de elementos cuja quantidade decresce com a idade é o seguinte: nitrogênio, potássio, fósforo e às vezes magnésio. O grupo que aumenta o conteúdo com a idade da folha, inclui o cálcio, enxofre, ferro, manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio.

No Brasil, os primeiros dados sobre a composição química do cafeeiro, foram publicados por DAFERT (1895). Este pesquisador estudou a composição da raiz, caule, ramos, folhas e frutos, assim como a distribuição percentual dos elementos potássio, cálcio, magnésio e

fósforo em diversas partes do cafeeiro com 1, 2, 3, 4, 6, 10 e 40 anos de idade.

CATANI e MORAES (1958), estudando a variação na concentração de N, P, K, Ca e Mg na raiz, tronco, ramos, folhas e frutos do cafeeiro em diversos estádios de seu crescimento, concluíram que houve uma variação periódica nítida na concentração percentual dos elementos analisados nas folhas e nos frutos. No mês de janeiro, a concentração percentual de N, P, K e Mg foi mais elevada que em julho, exceção feita ao cálcio que nas folhas, pareceu não seguir as mesmas variações dos outros elementos. Nos ramos, tronco e raiz, a variação na concentração dos elementos não foi tão pronunciada quanto a das folhas e frutos e também não seguiu uma periodicidade tão perceptível quanto no caso das folhas e frutos.

SILVA e SILVA (1957), encontraram teores mais elevados de N, P, K e Mg nas folhas de café no mês de novembro quando comparado com o mês de janeiro. O teor de Ca foi o inverso.

Jã MEDCALF *et alii* (1955), estudaram a variação mensal do teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e as produções de café.

Segundo CATANI *et alii* (1967a), as folhas do cafeeiro constituem a parte mais rica em micronutrientes e o tronco a mais pobre. O Mo é o micronutriente que ocorreu em menor concentração, variando de 0,03 a 0,05 ppm no tronco e de 0,21 a 0,23 ppm nas folhas. O Cl apresentou o maior teor, variando de 140-220 ppm no tronco e de 6280-7350ppm nas folhas.

A concentração de micronutrientes nas folhas e frutos mostrou que o B, Cl, Fe, Mn, Mo, Zn e também o Al apresentou teores mais elevados nas folhas que nos frutos. O Cu apresentou teores semelhantes em ambas as partes.

ARZOLLA *et alii* (1963), avaliando a extração de macronutrientes na colheita por 3 variedades de café, constatou que a desigualdade na composição dos grãos e da casca foi consistente; o grão tem mais N e mais Mg que a casca; esta por sua vez parece ser mais rica nos outros elementos particularmente em potássio.

Jã MALAVOLTA *et alii* (1963), analisando a composição mineral de sementes e polpas das variedades "Borbon Amarelo", "Catuai Amarelo" e "Mundo Novo", acharam as seguintes percentagens no grão: 1,7% N; 0,10% P; 1,53% K; 0,27% Ca; 0,15% Mg; 0,12% S; 16,0 ppm B; 15,0 ppm Cu; 60,0 ppm Fe; 20,0 ppm Mn; 0,05 ppm Mo; 12 ppm Zn. Na casca foram as seguintes: 1,78% N; 0,14% P; 3,75% K; 0,41% Ca; 0,13% Mg; 0,15% S; 34,0 ppm B; 18,0 ppm Cu; 150,0 ppm Fe; 29,0 ppm Mn; 0,07 ppm Mo e 70,0 ppm Zn.

AMORIN *et alii* (1965), obtiveram resultados semelhantes aos de ARZOLLA *et alii* (1963), constatando teores mais elevados de N no grão do que na polpa. Calcularam esta diferença em torno de 29%. Já a polpa apresentou-se mais rica em P do que o grão em cerca de 15%, sendo também aproximadamente 70% mais rica em K do que o grão,

A adubação nitrogenada diminuiu o teor de P na polpa. O P agiu favoravelmente sobre o teor de K no grão. A adubação potássica

aumentou o teor de N no grão enquanto a fosfatada elevou na polpa.

AMORIN *et alii* (1973), constataram que o excesso de K na adubação reduziu o teor de B e Zn no grão.

SILVA E SOUZA *et alii* (1975), concluíram que os teores de Ca e P caíram sensivelmente nos frutos em desenvolvimento, até atingirem níveis relativamente constantes a partir do mês de dezembro. Na folha, o teor de Ca aumentou de outubro para abril. Os teores foliares de K decresceram ligeiramente durante todo o período de expansão dos frutos, sendo que nestes o decréscimo foi mais acentuado. O nível de Mg e Mn subiram nas folhas, na estação de crescimento e expansão dos frutos, sugerindo acúmulo contínuo nesses órgãos. Nos frutos o teor de Mg caiu com seu crescimento e o de Mn manteve-se relativamente estável. Os teores de Zn apresentaram um máximo em fins de dezembro e os teores de Fe foram desuniformes durante todo o período de estudo, sugerindo, todavia uma tendência a constância.

Alguns trabalhos foram realizados no sentido de se estudar a qualidade da bebida em função da composição do grão de café. Assim, AMORIN (1965), obteve resultados de degustação que parecem indicar o efeito favorável do P na qualidade da bebida.

Já o Nitrogênio e Potássio, segundo AMORIN *et alii* (1967), propiciaram bebida de qualidade um pouco inferior. A matéria orgânica não teve efeito significativo sobre a qualidade da bebida.

AMORIN (1973), encontrou correlação significativamente negativa entre o teor de N na semente e a qualidade da bebida. Concluiu o

autor, porém, que o aumento na produção obtido com N e K, compensa economicamente uma pequena perda na qualidade da bebida.

2.3. Diagnose Foliar

Conforme relatado anteriormente, somente com Liebig(1840), citado por MALAVOLTA *et alii* (1967), iniciou-se a aplicação química na agricultura.

Weinhold (1862), citado por HIROCE (1981), relatou a idéia do uso da análise química da planta como um índice de disponibilidade de nutrientes do solo.

Os fundamentos da diagnose foliar foram lançados por LAGATU e MAUMÉ (1926, 1930), que estabeleceram o conceito de diagnose foliar como sendo o estado químico de uma folha, tomada em determinado momento.

Uma das relações mais importantes na análise de planta para fins de diagnóstico nutricional é a que envolve a produção, a concentração de nutrientes na planta e o nível de elemento no solo (MUNSON e NELSON, 1973).

MACY (1936), estabeleceu o conceito do nível crítico ou concentração ótima de nutrientes na planta através de relação entre o teor percentual do nutriente na folha e a produção final da planta. O nível crítico ficou sendo o ponto de inflexão superior na curva produção x teor de nutriente. Este nível crítico foi denominado por LOTT *et alii* (1961) de nível limiar, isto é, teor abaixo do qual o crescimento e

produção seriam limitados e acima do qual não haveria crescimento nem aumento de produção.

CHAPMAN (1967), apresentou um tipo de curva mais ajustada para a relação concentração x crescimento, onde evidencia o efeito de diluição sobre a concentração de nutrientes em determinado ôrgão da planta. Este aspecto ressalta a importância da escolha certa para a amostragem, em relação à idade fisiológica do ôrgão amostrado.

Este aspecto da diluição foi extensivamente estudado por alguns autores, entre eles STEENBJERG (1951); STEENBJERG e JAKOBSEN (1963) e BATES (1971), etc. Em todos os trabalhos evidenciou-se que a percentagem de determinado nutriente em qualquer parte da planta, depende da época de amostragem.

Com relação ao cafeeiro, somente a partir da década de 1950, o emprego da análise química das folhas tomou impulso. LOUË (1951), na África; COOIL (1954), no Hawaii; CHAVERRI (1955), na Costa Rica; LOTT *et alii* (1956) e MALAVOLTA *et alii* (1958), no Brasil, ESPINOSA (1960), em El Salvador, etc.

O teor de nutrientes nas folhas não é apenas função da fertilidade do solo ou doses de adubos utilizados, mas também da idade da folha e da planta, época de amostragem, clima, tratos culturais. etc.

Assim CHAVERRI *et alii* (1957), na Costa Rica, estudaram as variações mensais de macronutrientes, boro e manganês nas folhas do 4º par em cafeeiro arabica e observaram maior concentração de N, P e B nas folhas no período de maior quantidade de chuvas.

LOUË (1958), utilizando o 3º par de folhas de cafeeiros robusta, verificou que maior teor de N foi encontrado na época de máxima vegetação.

OMATOSO e ALOJOLA (1972), estudando a composição de macronutrientes nas folhas de *Coffea canephora* Pierre durante seu ciclo, verificou variação no teor foliar.

Em relação a idade da folha, MULLER (1959) trabalhando com cafeeiro arabica verificou uma variação na composição foliar durante o processo de envelhecimento da folha.

Por outro lado, HUERTAS (1963), concluiu que a análise do 4º par de folhas é mais indicado para se estudar o estado nutricional do cafeeiro.

Já COLONNA (1964), recomenda a amostragem do 3º par de folhas em ramos localizados na altura média da planta.

Quanto a época de amostragem, ARISTIZABAL e POLGARIN (1977), verificaram para o cafeeiro, um período ótimo para diagnose foliar, entre 4 e 6 meses antes da colheita.

Com relação à produção, ESPINOSA (1969), encontrou correlação positiva entre adubação, teores foliares de N e produtividade de cafeeiros jovens.

RAJU e SUBRA MANIAN (1969), observaram em cafeeiros da variedade "Kents" que as concentrações de N e P nas folhas (durante o desenvolvimento dos frutos), correlacionaram significativamente com as subseqüentes produções.

Por outro lado, VERLIÈRE (1973c), concluiu através do diagnóstico foliar que a produção de café está mais nitidamente relacionada com os níveis foliares de cations do que de anions.

Já no Brasil, MEDCALF *et alii* (1955), foram os primeiros a estudar sobre o emprego da análise química foliar em cafeeiro arábica, fazendo determinações mensais de elementos nas folhas e encontrando teores de nitrogênio, fósforo e potássio mais baixos em abril (desenvolvimento dos frutos) e mais elevados em novembro (início de formação dos frutos).

SILVA e SILVA (1957), encontraram resultados semelhantes aos obtidos por MEDCALF *et alii* (1955), com inclusão do Mg.

Com relação à localização da folha no ramo, pesquisadores do IRI do Brasil escolheram independentemente a 3a. folha (LOTT *et alii*, 1956).

Alguns pesquisadores, passaram a utilizar o 3º par de folhas, a partir de então (GALLO *et alii*, 1967 e HIROCE *et alii*, 1972). No entanto, MALAVOLTA *et alii* (1964), não encontraram diferenças significativas nos teores de N, K, Ca, Mg e S do 1º, 2º, 3º e 4º par de folhas, recomendando dessa forma o 3º ou 4º par para uso em diagnose foliar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localidade

Foi utilizado para este trabalho um talhão de cafeeiros cv. Catuaí (H 2077-2-5-39) espaçado de 4,0m x 2,5m, com 5 anos de idade, 2 plantas por cova, situado em um latossolo Roxo distrófico do centro experimental do IAPAR em Londrina-PR.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 6 repetições sendo cada parcela representada por uma cova de 2 plantas. A regressão escolhida foi a de maior grau significativo até 3º grau.

Os resultados das análises granulométrica e química para fins de fertilidade do solo em que foi instalado o experimento, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise Granulométrica e química para fins de fertilidade

Profundidade (cm)	Análise química						
	e.mg / 100 g terra						
	pH	C%	Solúvel	troçável			
	Água 1:2,5		PO_4^{-3}	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Al^{3+}
0 - 20	4,50	1,44	0,20	0,45	1,46	0,22	1,24
20 - 40	4,40	1,21	0,05	0,42	2,18	0,24	1,20

Análise granulométrica (%)			
Areia	Silte	Argila	
0 - 20	5,5	13,5	81,0
20 - 40	5,0	12,0	83,0

As análises granulométrica e química foram realizadas pelo Laboratório de Solos do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR,

A análise granulométrica foi efetuada pelo método de MEDINA e GROHMANN (1962),

As análises químicas foram realizadas segundo os métodos descritos por VAN RAIJ (1977),

Esta área recebeu adubação uniforme, segundo o esquema apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Adubação dos Cafeeiros

Adubo	Quantidade elemento (g/cova/ano)	Nº de aplicações
Sulfato Amônio	120 N	4
Superfosfato Simples	25 P_2O_5	1
Cloreto de Potássio	60 K_2O	2

As informações relativas à distribuição das chuvas durante o período do experimento e a temperatura média são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Dados termopluviométricos diários do Centro Experimental do IAPAR - Londrina-PR, no período de dezembro/80 a agosto/81,

Médias de Temperaturas Diárias (°C)									
Dia	12/80	01/81	02/81	03/81	04/81	05/81	06/81	07/81	08/81
01	23,3	24,3	25,9	26,2	22,7	16,5	19,0	19,8	18,9
02	22,7	23,7	26,1	26,3	22,0	17,5	21,5	17,4	19,0
03	22,0	23,5	25,4	25,3	22,3	19,6	18,3	13,5	19,8
04	23,5	23,5	24,0	23,5	23,7	21,3	17,5	12,8	20,8
05	23,9	23,6	23,7	22,3	23,4	21,6	17,3	14,2	20,9
06	25,3	23,0	23,6	23,4	24,2	22,4	15,7	14,0	20,1
07	25,6	22,8	24,0	24,1	24,3	21,9	12,4	14,6	22,1
08	24,9	22,6	24,9	24,4	23,8	20,7	12,3	15,8	18,9
09	25,3	22,4	24,3	23,8	22,1	20,7	12,3	15,4	15,1
10	24,7	24,4	23,9	24,5	20,5	21,0	15,1	16,1	15,8
11	22,4	22,6	23,8	25,3	19,8	21,6	17,5	17,6	16,6
12	22,3	23,1	23,7	24,6	21,2	21,7	17,4	17,2	21,2
13	23,9	21,9	24,6	25,2	21,6	22,1	16,6	18,0	21,7
14	24,9	23,5	25,6	25,9	22,8	21,1	18,1	19,1	17,6
15	23,6	23,2	26,4	25,2	21,0	19,8	15,5	20,3	18,3
16	25,2	23,8	25,9	21,5	19,7	18,0	15,1	20,9	19,0
17	26,4	24,2	24,6	23,6	19,1	19,3	8,8	14,4	15,4
18	23,3	23,8	25,4	22,9	17,3	20,3	6,3	8,7	17,1
19	22,1	23,5	23,1	23,1	17,5	20,5	7,5	6,9	17,6
20	22,2	24,8	21,2	22,9	19,8	21,4	11,9	4,5	15,6
21	21,4	22,3	19,9	23,2	21,1	21,0	14,0	9,6	16,2
22	21,1	21,4	21,2	21,6	22,0	20,6	16,7	12,2	17,0
23	22,1	23,1	23,0	22,4	19,0	19,8	17,3	14,4	18,2
24	24,0	23,9	23,7	22,1	20,1	20,0	18,4	10,6	20,1
25	24,2	23,7	22,7	23,0	19,5	18,8	18,0	10,1	21,8
26	23,6	22,7	23,9	24,7	18,9	19,5	17,6	13,7	22,7
27	21,1	24,2	25,6	22,7	18,1	19,0	17,7	15,7	23,8
28	22,4	25,0	25,8	20,4	19,5	17,9	17,4	16,4	21,7
29	24,8	25,2		22,7	16,1	16,8	18,8	17,5	21,8
30	26,0	24,2		22,2	15,9	17,6	19,9	19,7	21,8
31	23,7	24,5		21,1		17,9		18,4	17,9
	23,6	23,5	24,1	23,6	20,6	19,9	15,7	14,8	19,2

Dados fornecidos pela área de Agrometeorologia do Centro Experimental do IAPAR.

Tabela 3. Continuação

Precipitação Diária (mm)									
Dia	12/80	01/80	02/81	03/81	04/81	05/81	06/81	07/81	08/81
01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	0,0
03	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	26,2	1,3	0,0
04	9,3	0,0	25,0	23,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
05	6,0	16,4	8,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06	0,0	4,5	7,0	0,0	1,0	0,0	12,3	0,0	0,0
07	0,0	7,2	0,0	0,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
08	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
09	0,0	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
10	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
11	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	18,0	2,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
13	12,0	20,0	50,0	0,0	0,0	0,0	17,8	0,0	0,0
14	8,0	18,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	9,2	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	3,8	0,0	0,0	11,0	0,0	52,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	38,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5
18	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	2,0
19	68,4	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
20	1,0	0,4	26,4	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
21	31,8	41,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	30,4	4,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	2,6	3,8	21,6	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,8	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,3	0,0	0,0
25	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,8	0,4	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
27	41,6	0,4	0,0	0,0	49,2	0,0	0,0	0,0	0,0
28	21,0	0,0	0,0	1,6	52,6	0,0	0,0	0,0	0,0
29	20,6	0,0		1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	8,5	25,0		0,0		0,0		0,0	0,0
	329,8	223,2	155,4	69,2	144,3	1,7	112,5	21,8	9,0

Esses dados mostram que ocorreram condições adequadas para o bom desenvolvimento da cultura. A exceção do mês de maio, que choveu muito pouco, todos os outros meses apresentaram precipitações satisfatórias além do que, bem distribuídas, principalmente, de dezembro a abril, que é justamente o período de maior desenvolvimento do fruto e por conseguinte o de maior exigência em água.

3.2. Coleta de Frutos e Folhas

Embora exista grande desuniformidade no tamanho dos frutos, devido às várias floradas, fenômeno perfeitamente caracterizado nas lavouras de café, as coletas foram iniciadas em meados de dezembro quando havia maior percentagem de frutos no estágio "chumbinho". A cada 21 dias a operação era repetida, conforme mostra a Tabela 4. (zero dias = aparecimento de "chumbinho"; 21 dias alta concentração de "chumbinho" nas plantas). Paralelamente às coletas dos frutos, foram realizadas amostragens de folhas.

Foram coletados todos os frutos da planta e conforme LOTT *et alii* (1956), amostras do 3º par de folhas. Foram amostrados 8 pares de folhas de ramos medianos ao redor de cada cova. Foram coletadas folhas de ramos com frutos e ramos sem frutos.

Tabela 4. Época de amostragem de frutos e folhas

Amostragem	Época* (idade)	Data	Frutos	Folhas	
				Ramos c/frutos	Ramos s/frutos
1a.	21	17.12.80	"	"	"
2a.	42	07.01.01	"	"	"
3a.	63	28.01.81	"	"	"
4a.	84	18.02.81	"	"	"
5a.	105	11.03.81	"	"	"
6a.	126	01.04.81	"	"	"
7a.	147	22.04.81	"	"	"
8a.	168	13.05.81	"	"	"
9a.	189	03.06.81	"	"	"
10a.	210	24.06.81	"	"	"
11a.	231	15.07.81	"	"	"
12a.	252	05.08.81	"	"	"

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

3.3. Preparo e Análise das Amostras

Os frutos de cada cova foram pesados em sua totalidade e posteriormente uma amostra homogênea foi extraída, retirando-se as impurezas (pedunculo, folha, etc.), novamente pesados e colocados em sacos plásticos.

As folhas foram colhidas, embaladas em sacos de papel previamente identificadas seguindo juntamente com os frutos para Laboratório, onde foram lavados em água desmineralizada e colocados a perder a umidade adquirida em temperatura ambiente. Posteriormente foram levados para secagem em estufa, mantida à temperatura de aproximadamente 70°C até peso constante. Posteriormente as folhas e frutos foram moídos, conforme preconiza SARRUGE e HAAG (1974). O material foi colocado em sacos plásticos identificados e aí armazenados até a época da análise química.

Nas amostras de frutos e folhas foram feitas determinações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e boro (B), segundo os métodos descritos por SARRUGE e HAAG (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desenvolvimento dos Frutos

Foram utilizados os dados de produção de matéria seca, como indicador do desenvolvimento dos frutos do cafeeiro.

A Tabela 5 mostra os dados sobre o desenvolvimento dos frutos expresso pela acumulação de matéria seca, em função da época de amostragem.

A análise da variância do acúmulo de matéria seca pelos frutos, acha-se na Tabela 6.

Houve um acúmulo de matéria seca pelos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L., cv. Catuaí), traduzido por uma regressão quadrática, conforme mostra a Figura 1, com ponto de máximo aos 217 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" com 4.251,46 g/cova.

O desenvolvimento dos frutos foi muito acentuado dos 21 aos 168 dias, sendo mais lento após este período.

Tabela 5. Acúmulo de matéria seca pelos frutos de uma cova de cafeeiros (2 plantas), em função do seu desenvolvimento (média de 06 repetições)

Época *	Matéria Seca (g/cova)
21	294,15
42	725,53
63	1.740,96
84	2.201,71
105	2.347,55
126	3.080,40
147	3.800,40
168	4.516,88
189	4.587,84
210	4.570,20
231	3.348,75
252	4.290,95
d.m.s. (Tukey a 5%)	1.546,60

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

Tabela 6. Análises da variância do peso (g/cova) da matéria seca e teor de macronutrientes dos frutos do cafeeiro em função da época de amostragem

Causa da Variação	G.L.	Q.M.						
		Peso Mat.seca (g)	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%
Epoca de								
Amostragem	11	13.552.115,74**	0,70155**	0,00535**	0,26874**	0,15849**	0,02070**	0,00496**
Resíduo	60	620.324,00	0,01003	0,00034	0,02637	0,00216	0,00050	0,00088
Total	71							
Coef. Variação								
		26,61%	4,22%	15,21%	5,68%	15,83%	10,70%	23,76%

** QM Corresponde ao valor de F significativo a 1%.

FIG. 1 - CURVA DE REGRESSÃO DA QUANTIDADE DE MATÉRIA SECA (y) ACUMULADA PELO FRUTO DO CAFEEIRO EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

CATANI *et alii* (1967b) trabalhando com *Coffea arabica* L., var. Bourbon Vermelho, observaram uma acumulação de matéria seca nos frutos até aos 180 dias, a partir do início da formação dos mesmos.

Na Nigéria, OYEBADE (1976), com *Coffea conephora*, verificou acumulação de matéria seca nos frutos até 26 semanas (182 dias) a partir do estágio "chumbinho".

4.2. Nitrogênio

4.2.1. Concentração¹

Os valores da concentração de Nitrogênio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 7.

A análise da variância da concentração de nitrogênio dos frutos, em função do seu desenvolvimento encontra-se exposta na Tabela 6, verificando-se que houve efeito de época.

Aos teores de nitrogênio dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme é mostrada na Figura 2, sendo que as concentrações diminuíram de 3,18% para 2,02% dos 21 aos 252 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". O ponto de inflexão se situou aos 166 dias com teor de 2,22%.

¹ Valores da concentração expresso em função da matéria seca.

Tabela 7. Concentração (%) de nitrogênio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folha	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	3,33	3,01	2,76
42	2,58	3,10	3,07
63	2,52	2,97	2,93
84	2,42	2,86	2,95
105	2,32	2,79	2,98
126	2,32	2,90	3,01
147	2,27	2,88	2,99
168	2,23	2,88	3,00
189	2,12	2,63	2,95
210	2,17	2,52	2,72
231	2,10	2,82	2,88
252	2,08	2,81	3,03
<hr/>			
d.m.s. (Tukey 5%)	0,20	0,29	0,29

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

FIG. 2 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE NITROGÊNIO (y) NO FRUTO DO CAFEEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

Houve redução do teor de N dos frutos em função da época de amostragem, sendo essa redução acentuada até aos 126 dias, período esse que coincidiu com o maior desenvolvimento dos mesmos.

CATANI e MORAES (1958), analisando frutos do cafeeiro no início de sua formação e na maturação, verificaram que no início de formação, os teores de nitrogênio foram mais elevados.

MORAES e CATANI (1964), estudando a absorção de elementos minerais pelos frutos do cafeeiro, durante sua formação, verificaram que o teor de nitrogênio foi mais elevado no estágio "chumbinho" (N = 1,75%) e mais baixo com os frutos no estágio "cereja" (N = 1,71%).

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação na concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, constataram que o teor de N diminuiu de 2,64% na fase de início de formação até 1,53% na fase de maturação.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de nitrogênio das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8. A concentração de nitrogênio foi afetada pela época e tipo de folha, com interação.

Os teores de nitrogênio das folhas de ramos com frutos, diminuíram com a época de amostragem, segundo uma equação de regressão quadrática, mostrada na Figura 3, sendo que nas concentrações estimadas os valores diminuíram de 3,08% para um mínimo de 2,73% dos 21 aos 233 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

Tabela 8. Análise da variância do teor de macronutrientes das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem

Causa da Variação	G.L.	Q.M.					
		N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%
Época	11	0,1520273	0,00166945**	1,5479632**	0,3829833**	0,0796500**	0,0106492**
Resíduo A	60	0,02942638	0,0001211	0,14687184	0,03931969	0,01101083	0,00081124
PARCIAL	71						
Tipo de Folha	01	0,2997837**	0,0004000	0,0711331	0,1681069**	0,0521366**	0,0039063
Época x Tipo de Folha	11	0,06640677**	0,0004636**	0,1425530**	0,0549797**	0,0060679**	0,0032396**
Resíduo B	60	0,014739	0,000169	0,036551	0,018163	0,001713	0,001135
TOTAL	143						
Coef. Variação A		5,93%	12,14%	16,00%	16,15%	28,82%	24,10%
Coef. Variação B		4,19%	14,37%	7,98%	10,98%	11,37%	28,49%

** Q.M. Correspondente ao valor de F significativo a 1%.

DIAS APÓS O INÍCIO DO APARECIMENTO DE CHUMBINHO

$$\hat{Y}_1 = 3,1530 - 0,003581x + 0,00000769x^2 \quad (R^2 = 55,97\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 2,6141 + 0,01069x - 0,00008578x^2 + 0,000000195x^3 \quad (R^2 = 37,48\%)$$

FIG. 3 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS(---) EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de nitrogênio ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme Figura 3, sendo que o teor aumentou de 2,80% para um máximo de 3,02% dos 21 aos 90 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Após esse período a concentração diminuiu até 2,88% aos 204 dias sendo o ponto de inflexão aos 147 dias com 2,95%.

Embora a variação da concentração de nitrogênio nos dois tipos de folhas tenha sido distinta ao longo do desenvolvimento dos frutos, em média, o teor de nitrogênio foi mais elevado nas folhas de ramos sem frutos.

Nas folhas de ramos com produção, os teores de nitrogênio foram mais elevados no estágio inicial de crescimento dos frutos, sendo que a concentração baixou de forma mais acentuada até aos 168 dias, provavelmente ocorrendo neste período maior redistribuição do elemento.

Já nas folhas de ramos sem produção, os teores de nitrogênio foram mais baixos no início de crescimento dos frutos, aumentando até aos 90 dias. Após este período, a concentração do elemento começou a baixar seguindo esta tendência até aos 204 dias, sugerindo a ocorrência também neste tipo de folha de redistribuição do nitrogênio para os frutos em crescimento. Da fase de "chumbinho" até aos 168 dias aproximadamente, ficou caracterizado como o período de maior demanda de nitrogênio pelos frutos.

Para fins de diagnose foliar, parece ser mais indicado utilizar folhas de ramos com frutos por apresentar uma maior dependência

entre a concentração de N e o desenvolvimento dos frutos.

SILVA e SILVA (1956), estudando a variação de composição mineral de folhas de cafeeiro, verificaram que as folhas colhidas em ramos sem frutos foram, em média, mais ricas em nitrogênio do que as colhidas em ramos com frutos, sendo este resultado semelhante ao obtido no presente trabalho.

CHAVERRI *et alii* (1957), na Costa Rica estudando as variações mensais de N nas folhas do 4º par em cafeeiros arábica, observaram maior concentração no período de maior quantidade de chuvas.

LOUÉ (1958), utilizando o 3º par de folhas de cafeeiros robusta, verificou que maior teor de N foi encontrado na época de máxima vegetação.

CATANI e MORAES (1958), verificaram em cafeeiros de variedade Bourbon Vermelho que a concentração de nitrogênio nas folhas foi mais elevada na época de início da formação dos frutos do que no período de maturação dos mesmos.

LOTT *et alii* (1961), fazendo um levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de nitrogênio (N) de 2,85%; 2,64% e 2,75% no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná, estas concentrações foram de 3,00%; 2,84% e 2,73%.

BONNET (1969), amostrando folhas de cafeeiros Caturra e Bourbon Vermelho no estágio de desenvolvimento dos frutos (final de

verão) e no final do inverno, constatou teor de nitrogênio mais elevado no verão.

4.3. Fósforo

4.3.1. Concentração

Os valores da concentração de fósforo dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 9.

A análise da variância da concentração de fósforo dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 6, verificando-se que houve efeito de época.

Aos teores de fósforo dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão quadrática, conforme verifica-se na Figura 4, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 0,18% para um mínimo de 0,10% dos 21 aos 197 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

A concentração de fósforo dos frutos declinou sensivelmente no período que coincidiu com o maior desenvolvimento dos mesmos.

MORAES e CATANI (1964), estudando a absorção de elementos minerais pelos frutos do cafeeiro verificaram teor de fósforo mais elevado no estágio "chumbinho" (0,14% P) e menor durante o período denominado de "verde aquoso" (0,10% P).

Tabela 9. Concentração (%) de fósforo dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folha	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	0,19	0,12	0,10
42	0,16	0,10	0,10
63	0,15	0,10	0,11
84	0,14	0,09	0,10
105	0,12	0,09	0,09
126	0,10	0,08	0,08
147	0,10	0,07	0,09
168	0,10	0,08	0,08
189	0,11	0,08	0,11
210	0,10	0,08	0,08
231	0,10	0,09	0,10
252	0,10	0,08	0,08
d.m.s. (Tukey 5%)	0,04	0,02	0,02

* Dias após o início do aparecimento do "chumbinho".

FIG. 4 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE FÓSFORO (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

Já CATANI *et alii* (1967b), trabalhando com cafeeiros Bourbon Vermelho, verificaram uma diminuição na concentração de P dos frutos de 0,30% no início de sua formação para 0,16% na maturação.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de fósforo das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8. A concentração de fósforo foi afetada pela época interagindo com tipo de folha.

Os teores de fósforo das folhas de ramos com frutos, diminuíram com a época de amostragem segundo uma equação de regressão quadrática, mostrada na Figura 5, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 0,12% para um mínimo de 0,08% dos 21 aos 171 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

Nas folhas de ramos sem frutos, os teores de fósforo diminuíram linearmente com a época de amostragem, conforme Figura 5, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 0,10% para 0,08% da primeira à última amostragem.

Embora a variação da concentração de fósforo nos dois tipos de folhas seja distinta ao longo do desenvolvimento dos frutos, em média, o teor de fósforo foi mais elevado nas folhas de ramos sem frutos.

Nas folhas de ramos com produção, os teores de fósforo foram mais elevados nos estádios iniciais de crescimento dos frutos, sendo que a concentração diminuiu de forma mais acentuada até aos 147

FIG. 5 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE FÓSFORO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x)

dias, provavelmente ocorrendo neste período uma redistribuição mais intensa do elemento. Após atingir uma concentração mínima de 0,08%, os teores de fósforo voltaram a aumentar neste tipo de folha, indicando uma diminuição na redistribuição e ou aumento na taxa de absorção do elemento.

Já nas folhas de ramos sem produção, os teores de fósforo diminuíram linearmente desde o estágio "chumbinho" até a maturação dos frutos, evidenciando que a redistribuição do elemento também ocorreu neste tipo de folha, embora em menor intensidade, durante o processo de desenvolvimento dos frutos.

Ao que tudo indica, para fins de diagnose foliar, as folhas de ramos com frutos devem ser as utilizadas por representar mais adequadamente a demanda de P pelos frutos.

MEDCALF *et alii* (1955), realizando determinações mensais de fósforo nas folhas de cafeeiros, encontraram teores mais baixos no período de pleno desenvolvimento dos frutos e mais elevados no início da formação dos mesmos,

SILVA e SILVA (1956), analisando folhas de cafeeiros pertencentes a ramos com frutos e ramos sem frutos, concluíram que o teor de fósforo, em média, foi maior nas folhas de ramos sem frutos. Resultados semelhantes foram obtidos no presente trabalho.

CHEVERRI *et alii* (1957), na Costa Rica, estudando as variações mensais de P nas folhas do 4º par em cafeeiros arábica, observaram maior concentração no período de maior quantidade de chuvas.

CATANI e MORAES (1958), verificaram teor mais elevado de fósforo nas folhas, no período de formação dos frutos.

LOTT *et alii* (1961), fazendo um levantamento de cafezais de São Paulo e Paraná pela análise foliar, verificaram teores médios de fósforo (P) de 0,13%; 0,126% e 0,16% no verão (desenvolvimento dos frutos), outono (maturação dos frutos) e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná, foram encontrados em média nas mesmas épocas, 0,146%; 0,126% e 0,135%.

JÃ SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando as variações no teor de alguns elementos minerais dos frutos e folhas do cafeeiro, constataram teores de fósforo das folhas relativamente constantes à medida do desenvolvimento dos frutos.

4.4. Potássio

4.4.1. Concentração

Os valores de concentração de potássio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, encontram-se na Tabela 10.

A análise da variância da concentração de potássio dos frutos, em função do seu desenvolvimento, acha-se na Tabela 6, onde pode ser verificado que houve efeito da época.

Aos teores de potássio dos frutos ajustou-se uma equação de regressão cúbica, como a mostrada na Figura 6, sendo que o teor diminuiu de 3,21% para um mínimo de 2,65% dos 21 aos 92 dias após o início

Tabela 10. Concentração (%) de potássio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com Frutos	Ramos sem Frutos
21	3,31	3,28	2,84
42	2,78	2,80	2,82
63	2,69	2,74	2,38
84	2,74	2,29	2,22
105	2,55	2,22	2,36
126	2,70	2,10	2,28
147	2,87	1,77	1,80
168	3,15	2,09	2,22
189	2,88	2,17	2,37
210	2,95	2,32	2,21
231	2,73	2,20	2,26
252	2,97	3,01	2,70
d.m.s. (Tukey 5%)	0,32	0,59	0,59

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho"

FIG. 6 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE POTÁSSIO (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

do aparecimento de "chumbinho". Após esta fase a concentração aumentou até 208 dias com 3,00%, sendo o ponto de inflexão estabelecido aos 150 dias com 2,82%.

CATANI e MORAES (1958), analisando frutos do cafeeiro no início de sua formação e na maturação, verificaram que no início da formação, os teores de potássio foram mais elevados.

MORAES e CATANI (1964), estudando a absorção de elementos minerais pelos frutos do cafeeiro durante a sua formação encontraram concentração de 2,71% de K no início de formação (chumbinho) e 2,24% na "cereja", havendo no estágio denominado de "verde aquoso" 2,08%.

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação da concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, encontraram teor de K de 2,84% na fase de início de formação e 2,33% na de maturação, variando pouco durante esse período.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando as variações do teor de alguns elementos minerais dos frutos do cafeeiro, constataram uma ligeira redução da concentração de potássio desde os estádios iniciais de crescimento até a sua maturação.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de potássio das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8. A concentração de potássio foi afetada pela época interagindo com tipo de folha.

Os teores de potássio das folhas de ramos com frutos, diminuíram com a época de amostragem, segundo uma equação de regressão quadrática, conforme Figura 7, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 3,30% para um mínimo de 1,99% dos 21 aos 150 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de potássio ajustou-se uma equação de regressão quadrática, conforme Figura 7, sendo que nas concentrações estimadas, os valores diminuíram de 2,90% para um mínimo de 2,12% dos 21 aos 151 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

A variação na concentração de potássio nos dois tipos de folhas se apresentou de forma muito semelhante, ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém, em média, o teor do elemento foi ligeiramente mais elevado nas folhas de ramos com frutos. Possivelmente, os altos teores de potássio no solo (Tabela 1) explique este fato.

Nas folhas de ramos com produção, os teores de potássio foram mais elevados nos estádios iniciais de crescimento dos frutos, sendo que a concentração baixou acentuadamente até aos 147 dias, caracterizando este período provavelmente como o de maior exigência pelos frutos. Posteriormente, a concentração de potássio aumentou evidenciando a acumulação do mesmo, possivelmente devido a uma menor redistribuição do elemento e ou uma maior absorção pela planta.

$$\hat{Y}_1 = 3,7623 - 0,023685x + 0,0000790x^2 \quad (R^2 = 88,65\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 3,1806 - 0,014125x + 0,0000469x^2 \quad (R^2 = 71,48\%)$$

FIG. 7 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE POTÁSSIO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---) EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

Nas folhas de ramos sem produção, os teores de potássio variaram de forma muito semelhante aos das folhas de ramos com produção, havendo inicialmente uma redução no seu teor. Posteriormente, a concentração aumentou até a maturação dos frutos.

Houve redistribuição do elemento nos dois tipos de folhas porêm o fenômeno ocorreu ligeiramente com maior intensidade, nas folhas de ramos com frutos.

MEDCALF *et alii* (1955), fizeram determinações mensais de potássio nas folhas de cafeeiro arábica, encontrando teores mais baixos na êpoca de desenvolvimento final dos frutos.

SILVA e SILVA (1956), estudando a variação de composição mineral de folhas de cafeeiros, verificaram que as folhas colhidas em ramos sem frutos foram, em média, mais ricas em potássio do que as colhidas em ramos com frutos. Estes resultados discordam dos encontrados no presente trabalho provavelmente por termos trabalhado com solo muito rico em potássio.

CATANI e MORAES (1958), verificaram em cafeeiros de variedade "Bourbon Vermelho" que a concentração do potássio nas folhas foi mais elevada na êpoca de início de formação dos frutos do que no período de maturação dos mesmos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de potássio (K) de 1,98%; 1,79% e 2,24% no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera

(florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 2,37%; 1,75% e 1,55%.

BONNET (1969), amostrando folhas de cafeeiros Caturra e Bourbon Vermelho no estágio de desenvolvimento dos frutos (final do verão) e no final do inverno, constatou teor de potássio mais elevado no verão.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando as variações de alguns elementos minerais das folhas de cafeeiros Mundo Novo, constataram que os teores de potássio diminuíram ligeiramente desde o início até o fim do ciclo de crescimento dos frutos.

4.5. Cálcio

4.5.1. Concentração

Os valores da concentração de cálcio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 11.

A análise da variância da concentração de cálcio dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 6 verificando-se que houve efeito de época.

Aos teores de cálcio dos frutos ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme é mostrada na Figura 8, sendo que o teor diminuiu de 0,69% aos 21 dias para um mínimo de 0,20% aos 131 dias após o aparecimento de "chumbinho". Posteriormente o teor elevou-se ligeiramente até 0,24% aos 203 dias, sendo o ponto de inflexão alcançado aos 167 dias com 0,22%.

Tabela 11. Concentração (%) de cálcio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folha	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	0,78	0,88	0,99
42	0,37	0,96	0,98
63	0,32	1,23	1,23
84	0,29	1,35	1,30
105	0,25	1,34	1,18
126	0,25	1,58	1,25
147	0,25	1,15	1,06
168	0,21	1,54	1,60
189	0,22	1,48	1,17
210	0,20	1,28	1,25
231	0,18	1,19	1,19
252	0,22	1,17	1,12
d.m.s. (Tukey)	0,09	0,33	0,33

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

FIG. 8 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE CÁLCIO (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

CATANI e MORAES (1958), analisando frutos do cafeeiro no início de sua formação e na maturação, verificaram teores de cálcio sempre mais elevados no período inicial de formação dos mesmos.

MORAES e CATANI (1964), estudando a absorção de elementos minerais pelos frutos do cafeeiro durante sua formação verificaram uma concentração de Ca de 0,25% no estágio "chumbinho" e 0,16% quando "cereja".

CATANI *et alii* (1967b), observando a variação da concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro durante o seu desenvolvimento, encontraram que o teor de Ca diminuiu de 0,77% na fase de início de formação até 0,31% na de maturação.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), constataram que os níveis de cálcio dos frutos decresceram continuamente com a sua expansão, principalmente nos estádios iniciais de crescimento. Depois houve uma tendência para a constância.

Com relação às folhas, a análise de variância da concentração de cálcio das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8.

A concentração de cálcio foi afetada pela época e pelo tipo de folha com interação.

Os teores de cálcio das folhas de ramos com frutos, aumentaram com a época de amostragem, segundo uma equação de regressão quadrática, mostrada na Figura 9, sendo que nas concentrações estimadas, os valores aumentaram de 0,87% para um máximo de 1,44%, dos 21 aos 153 dias

após o início do aparecimento de "chumbinho".

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de cálcio ajustou-se igualmente uma equação de regressão quadrática, conforme a Figura 9, sendo que nas concentrações estimadas, os valores aumentaram de 0,98% para um máximo de 1,29% dos 21 aos 155 dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

A variação na concentração de cálcio nos dois tipos de folhas se apresentou de forma muito semelhante ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém, em média, o teor do elemento foi mais elevado nas folhas de ramos com frutos.

Nas folhas de ramos com produção, os teores de cálcio foram mais baixos nos estádios iniciais de crescimento dos frutos, sendo que a concentração aumentou até aos 153 dias, caracterizando este período provavelmente como sendo o de maior absorção e acumulação pela planta. Após este período houve uma redução na concentração de cálcio.

Nas folhas de ramos sem produção, os teores de cálcio variaram de forma semelhante aos das folhas de ramos com produção, sendo as concentrações mais baixas no início da formação dos frutos, aumentando até aos 155 dias.

Este comportamento do cálcio em ambos os tipos de folhas caracteriza a baixa redistribuição do elemento das folhas para os frutos, sugerindo, que o suprimento de cálcio pelo solo deva ser contínuo, durante toda a frutificação.

FIG. 9 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE CÁLCIO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

SILVA e SILVA (1956), estudando a variação de composição mineral de folhas de cafeeiros, verificaram que as folhas colhidas de ramos sem frutos foram, em média, mais pobres em cálcio do que as colhidas em ramos com frutos. Resultados semelhantes foram obtidos no presente trabalho.

CATANI e MORAES (1958), verificaram em cafeeiros de variedade Bourbon Vermelho que a concentração de cálcio nas folhas foi mais baixa na época de início de formação dos frutos do que no período de maturação dos mesmos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de cálcio (Ca) de 1,07%; 1,12% e 0,93%, no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 1,08%; 1,19% e 1,23%.

BONNET (1969), amostrando folhas de cafeeiro Caturra e Bourbon Vermelho no estágio de desenvolvimento dos frutos (final de verão) e no final do inverno, constatou teor de cálcio mais elevado no inverno.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando as variações de alguns elementos minerais nas folhas de cafeeiros Mundo Novo, constataram que os teores de cálcio apresentaram uma tendência para crescimento lento com o correr da estação.

4.6. Magnésio

4.6.1. Concentração

Os valores da concentração de magnésio dos frutos das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 12.

A análise da variância da concentração de magnésio dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se na Tabela 6, verificando-se que houve efeito de época.

Aos teores de magnésio dos frutos ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme é mostrado na Figura 10, sendo que o teor diminuiu de 0,35% para um mínimo de 0,17% dos 21 aos 106 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente a concentração aumentou, atingindo o ponto de inflexão aos 151 dias com 0,19% indo até 0,21% aos 197 dias.

CATANI e MORAES (1958), analisando frutos do cafeeiro no início de sua formação e na maturação verificaram que no início da formação, os teores de magnésio foram mais elevados.

MORAES e CATANI (1964), estudando a absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante a sua formação, verificaram concentração de 24% de Mg no "chumbinho" e 0,07% na "cereja".

CATANI *et alii* (1967b), observando a variação na concentração de macro e micronutrientes do fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, constataram que o teor de Mg diminuiu de 0,15% na fase de início de formação até 0,07% na fase de maturação.

Tabela 12. Concentração (%) de magnésio dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com Frutos	Ramos sem Frutos
21	0,39	0,33	0,32
42	0,21	0,28	0,29
63	0,20	0,30	0,33
84	0,19	0,26	0,31
105	0,19	0,27	0,31
126	0,18	0,36	0,38
147	0,20	0,40	0,36
168	0,22	0,52	0,60
189	0,21	0,37	0,47
210	0,18	0,33	0,43
231	0,17	0,43	0,44
252	0,17	0,27	0,35
d.m.s. (Tukey)	0,04	0,16	0,16

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

FIG.10 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE MAGNÉSIO (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), avaliando as variações no teor de alguns elementos minerais dos frutos do cafeeiro, encontraram que o teor de magnésio cai muito a princípio e depois lentamente.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de magnésio das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8. A concentração de magnésio foi afetada pela época e pelo tipo de folha com interação.

Aos teores de magnésio das folhas de ramos com frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 11. As concentrações diminuíram a princípio atingindo um mínimo de 0,27% aos 62 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente houve um aumento, sendo que o ponto de inflexão se situou aos 126 dias com 0,35% e o teor máximo alcançado aos 189 dias com 0,43%.

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de magnésio ajustou-se igualmente uma equação de regressão cúbica, conforme a Figura 11, com o teor mínimo sendo alcançado aos 56 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" com 0,29%. Posteriormente as concentrações aumentaram, sendo que o ponto de inflexão se situou aos 124 dias com 0,39% e o teor máximo atingido aos 193 dias com 0,49%.

A variação na concentração de magnésio nos dois tipos de folhas se apresentou de forma muito semelhante, ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém, em média, o teor do elemento foi mais elevado nas folhas de ramos sem frutos.

$$\hat{Y}_1 = 0,4212 - 0,005371x + 0,00005751x^2 - 0,000000153x^3 \quad (R^2 = 55,64\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 0,4114 - 0,004956x + 0,00005741x^2 - 0,000000154x^3 \quad (R^2 = 67,43\%)$$

FIG. II - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE MAGNÉSIO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (— —), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

Também o magnésio, no cafeeiro, parece apresentar pequena mobilidade, sugerindo um contínuo fornecimento de magnésio pelo solo, afim de atender as exigências dos frutos.

SILVA e SILVA (1956), estudando a variação de composição mineral de folhas de cafeeiros, verificaram que as folhas colhidas de ramos sem frutos foram, em média, mais pobres em magnésio do que as colhidas em ramos com frutos. No presente trabalho estes resultados não foram confirmados.

CATANI e MORAES (1958), observaram em cafeeiros da variedade Bourbon Vermelho que a concentração de magnésio das folhas foi mais baixa no período de maturação dos frutos do que na época de início de formação dos mesmos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de magnésio (Mg) de 0,37%; 0,36% e 0,30%, no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento) respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 0,36%; 0,37% e 0,34%.

BONNET (1969), amostrando folhas de cafeeiros Caturra e Bourbon Vermelho, no estágio de desenvolvimento dos frutos (final de verão) e no final do inverno, constatou teor de magnésio mais elevado no verão.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando as variações de alguns elementos minerais nas folhas de cafeeiros Mundo Novo, constataram

que os teores de magnésio subiram constantemente, não parecendo que tenha havido redistribuição desse nutriente para os frutos.

4.7. Enxofre

4.7.1. Concentração

Os valores da concentração de enxofre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 13.

A análise da variância da concentração de enxofre dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 6, verificando-se que houve efeito de época.

Aos teores de enxofre dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme é mostrado na Figura 12, com o teor aumentando inicialmente até aos 65 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" com 0,14%, ponto de inflexão aos 123 dias com 0,12% e teor mínimo aos 181 dias com 0,10%.

CATANI *et alii* (1967b), estudando a variação na concentração de macro e micronutrientes nos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, encontraram que o teor de S, diminuiu de 0,26% na fase de início de formação até 0,09% na fase de maturação.

Tabela 13. Concentração (%) de enxofre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com Frutos	Ramos sem Frutos
21	0,15	0,10	0,07
42	0,10	0,08	0,10
63	0,12	0,09	0,14
84	0,14	0,14	0,11
105	0,14	0,16	0,14
126	0,15	0,15	0,15
147	0,11	0,17	0,08
168	0,10	0,08	0,08
189	0,10	0,12	0,12
210	0,10	0,09	0,08
231	0,10	0,12	0,10
252	0,19	0,17	0,17
d.m.s. (Tukey 5%)	0,06	0,06	0,06

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

DIAS APÓS O INÍCIO DO APARECIMENTO DE CHUMBINHO
 FIG. 12 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE ENXOFRE (y) NO FRUTO DO
 CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de enxofre das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 8. A concentração de enxofre foi afetada pela época interagindo com tipo de folha.

Aos teores de enxofre das folhas de ramos com frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme a Figura 13, com teor de 0,07% aos 21 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" subindo até um máximo de 0,14% aos 95 dias e decrescendo em seguida para 0,11% aos 196 dias. O ponto de inflexão ocorreu aos 146 dias com 0,13%.

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de enxofre ajustou-se igualmente uma equação de regressão cúbica, conforme a Figura 13, com os teores aumentando de 0,06% aos 21 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" até 0,14% aos 84 dias e diminuindo para 0,09% aos 189 dias, com ponto de inflexão aos 137 dias com 0,11%.

A variação na concentração de enxofre nos dois tipos de folhas foi muito semelhante, ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém, em média, o teor do elemento foi ligeiramente mais elevado na folha de ramos com frutos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de enxofre - sulfato de 333 ppm; 401 ppm e 587 ppm no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento) respectivamente no Estado de São Paulo. Para o

FIG. 13 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE ENXOFRE (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

Estado do Paraná estas concentrações foram de 348 ppm; 316 ppm e 402 ppm.

4.8. Boro

4.8.1. Concentração

Os valores da concentração de boro dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função de época de amostragem, acham-se na Tabela 14.

A análise da variância da concentração de boro dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 15, verificando-se que a concentração foi afetada pela época.

Aos teores de boro dos frutos ajustou-se uma equação de regressão cúbica, conforme é mostrado na Figura 14, sendo que a concentração diminuiu de 42 ppm aos 21 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" para um mínimo de 11 ppm aos 130 dias. Posteriormente a concentração subiu até 17 ppm aos 240 dias sendo o ponto de inflexão situado aos 185 dias com 14 ppm.

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação na concentração de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, encontraram, que o teor de B diminuiu de 15 ppm no início do desenvolvimento até 12 ppm na fase de maturação.

Tabela 14. Concentração (ppm) de boro dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	46	66	66
42	26	62	65
63	16	76	60
84	15	76	60
105	16	77	60
126	14	88	63
147	14	92	67
168	12	99	72
189	12	79	57
210	15	69	64
231	17	71	70
252	19	77	62
d.m.s. (Tukey 5%)	5,4	20,0	20,0

* Dias após o início do aparecimento do "chumbinho".

Tabela 15. Análise da variância do teor de micronutrientes dos frutos do cafeeiro, em função da época de amostragem

Causa da Variação	G.L.	Q.M.			
		B ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
Época de Amostragem	11	546,8434**	113,3775**	19030,7413**	78,43813**
Resíduo	60	7,6777	3,9972	645,0471	1,42499
TOTAL	71				
Coeficiente de Variação		15,00%	10,53%	33,99%	17,29%

** Q.M. Correspondente ao valor de F significativo a 1%.

FIG. 14 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE BORO (y) NO FRUTO DO CAFEEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

Com relação às folhas a análise da variância da concentração de boro das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 16. A concentração de boro foi afetada pela época e pelos tipos de folhas com interação.

Os teores de boro das folhas de ramos com frutos, variaram segundo uma equação de regressão quadrática, conforme Figura 15, aumentando desde aos 21 dias com 61 ppm, até o máximo de 86 ppm aos 149 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente a concentração diminuiu.

Nas folhas de ramos sem frutos, não ocorreu variação de concentração estatisticamente significativa. O teor de B se manteve ao redor de 64 ppm durante todo o período de desenvolvimento e maturação dos frutos, conforme Figura 15.

Embora o comportamento do boro nos dois tipos de folhas seja completamente diferente, as folhas de ramos com frutos se mostraram mais ricas no elemento, durante toda a fase de amostragem.

Nas folhas de ramos com produção, os teores de boro foram mais baixos nos estádios iniciais de crescimento dos frutos sendo que a concentração aumentou até aos 149 dias. Provavelmente este aumento na concentração possa ser explicado pela pouca mobilidade do boro na planta, acumulando-se nas folhas e também pelo período mais favorável de sua absorção. Após aos 149 dias, a concentração começou a diminuir e assim seguiu até a maturação dos frutos. Certamente a drástica redução das

Tabela 16. Análise da variância do teor de micronutrientes das folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem

Causa da Variação	G.L.	Q.M.			
		B ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
Épocas	11	464,645286**	721,959888**	46229,9076	54,270232**
Resíduo A	60	148,34573	55,08314	12447,453	2,6055537
PARCIAL	71				
Tipo de folha	1	6902,85205**	1002,77960**	8618,37501	10,027992
Época x Tipo de folha	11	335,657359**	207,292747**	4737,66193	15,906546**
Resíduo B	60	62,856901	30,74993	3225,588544	2,749999
TOTAL	143				
Coef. Variação A		17,21%	30,54%	32,29%	19,40%
Coef. Variação B		11,20%	22,81%	16,44%	19,93%

** Q.M. Correspondente ao valor de F significativo a 1%.

$$\hat{Y}_1 = 51,7841 + 0,45865x - 0,001535x^2 \quad (R^2 = 56,59\%)$$

FIG. 15 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE BORO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

chuvas e o abaixamento da temperatura com conseqüente menor mineralização da matéria orgânica, são os fatores principais da redução da concentração de boro, no período.

Já nas folhas de ramos sem produção, curiosamente os teores se mantiveram estáveis durante todo o período de desenvolvimento e maturação dos frutos. Provavelmente este tipo de folha não se presta para ser utilizada em diagnose foliar.

CHAVERRI *et alii* (1957), na Costa Rica, estudando as variações mensais de boro nas folhas de 4º par em cafeeiros arábica, observaram maior concentração no período de maior quantidade de chuvas.

LOTT *et alii* (1961), fazendo um levantamento de cafezais em São Paulo e Paranã pela análise foliar, citam teores médios de boro (B) de 60 ppm, 76 ppm e 135 ppm no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paranã, estas concentrações foram de 69 ppm, 76 ppm e 76 ppm.

4.9. Cobre

4.9.1. Concentração

Os valores da concentração de cobre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem acham-se na Tabela 17.

Tabela 17. Concentração (ppm) de cobre dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	30	18	15
42	23	14	13
63	21	17	14
84	22	44	30
105	19	33	42
126	17	33	19
147	17	35	14
168	17	22	24
189	17	28	19
210	15	19	19
231	15	26	26
252	15	32	24
d.m.s. (Tukey 5%)	3,9	12,7	12,7

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

A análise da variância da concentração de cobre dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 15, verificando-se que a concentração foi afetada pela época.

Aos teores de cobre dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 16, com os teores diminuindo de um máximo de 29 ppm aos 21 dias para um mínimo de 15 ppm aos 252 dias após o início do aparecimento de "chumbinho", sendo o ponto de inflexão situado aos 181 dias com concentração de 16 ppm.

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação na concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, constataram que o teor de Cu diminuiu de 25 ppm no início do desenvolvimento até 15 ppm na fase de maturação. Estes resultados estão de acordo com os obtidos no presente trabalho.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de cobre das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem pode ser vista na Tabela 16. A concentração de cobre foi afetada pela época e pelo tipo de folha com interação.

Os teores de cobre das folhas de ramos com frutos, variaram segundo uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 17, onde as concentrações aumentaram de 11 ppm aos 21 dias para um máximo de 33 ppm aos 103 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente os teores começaram a diminuir até atingir 25 ppm aos 210 dias, com ponto de inflexão aos 156 dias e concentração de 29 ppm.

FIG. 16 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE COBRE (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO, EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

DIAS APÓS O INÍCIO DO APARECIMENTO DE CHUMBINHO

$$\hat{Y}_1 = 5,7491 + 0,9108x - 0,006611x^2 + 0,0000141x^3 \quad (R^2 = 46,45\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 1,6195 + 0,6781x - 0,005185x^2 + 0,0000116x^3 \quad (R^2 = 26,53\%)$$

FIG. 17 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE COBRE (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de cobre ajustou-se igualmente uma equação de regressão cúbica, conforme a Figura 17, com os teores aumentando de 10 ppm aos 21 dias até um máximo de 26 ppm aos 97 dias após o início do aparecimento de "chumbinho" e decrescendo até 20 ppm aos 200 dias com ponto de inflexão aos 149 dias e concentração de 23 ppm.

A variação na concentração de cobre nos dois tipos de folhas foi muito semelhante ao longo do desenvolvimento dos frutos porém, em média, o teor do elemento foi mais elevado nas folhas de ramos com frutos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais do Estado de São Paulo e Paraná pela análise foliar, citam teores médios de Cu de 11,9 ppm; 10,8 ppm e 14,2 ppm no verão (início de formação dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento) respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 16,7 ppm; 15,6 ppm e 22,1 ppm.

BONNET (1969), amostrando folhas de cafeeiros Caturra e Bourbon Vermelho no estágio de desenvolvimento dos frutos (final de verão) e no final do inverno, constatou teores de cobre semelhantes nas duas épocas.

4.10. Manganês

4.10.1. Concentração

Os valores da concentração de manganês dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 18.

A análise da variância da concentração de manganês dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 15, verificando-se que a concentração foi afetada pela época.

Aos teores de manganês, dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 18, com os teores diminuindo de 208 ppm para um mínimo de 42 ppm dos 21 aos 142 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente, as concentrações aumentaram levemente até aos 216 dias com concentração de 52 ppm. O ponto de inflexão se situou aos 179 dias com concentração de 47 ppm.

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação na concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, encontraram que o teor de Mn diminuiu de 128 ppm na fase inicial de formação do fruto, até 35 ppm no período de maturação.

Tabela 18. Concentração (ppm), de manganês dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	240	380	385
42	104	321	305
63	66	368	290
84	98	420	364
105	71	331	362
126	49	265	231
147	49	319	255
168	38	270	297
189	44	387	370
210	48	419	438
231	38	326	285
252	56	431	470
d.m.s. (Tukey 5%)	50	172	172

Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

FIG. 18 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE MANGANÊS (y) NO FRUTO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando a variação de alguns elementos minerais nos frutos do cafeeiro, observaram que os teores de manganês encontrados permaneceram praticamente constantes durante todo o período de frutificação. Estes resultados diferem completamente dos obtidos no presente trabalho.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de manganês das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 16. A concentração de manganês foi afetada pela época.

Os teores de manganês das folhas de ramos com frutos, variaram segundo uma equação de regressão quadrática, mostrada na Figura 19, onde as concentrações decresceram a princípio de 386 ppm para um mínimo de 323 ppm dos 21 aos 127 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Posteriormente a este período, os teores aumentaram.

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de manganês ajustou-se igualmente uma equação de regressão quadrática conforme a Figura 19, com os teores diminuindo de 370 ppm para um mínimo de 294 ppm dos 21 aos 124 dias após o início do aparecimento "chumbinho". Posteriormente a este período, as concentrações começaram a aumentar.

Estatisticamente o comportamento das folhas de ramos sem frutos não diferiu das folhas de ramos com frutos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais do Estado de São Paulo e Paraná, pela análise foliar, citam teores médios de Mn de 138 ppm; 162 ppm e 139 ppm no verão (início de formação

$$\hat{Y}_1 = 413,8410 - 1,43758x + 0,0056759x^2 \quad (R^2 = 25,94\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 405,9166 - 1,88260x + 0,0079029x^2 \quad (R^2 = 36,07\%)$$

FIG.19 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE MANGANÊS (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (- - -), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DA AMOSTRAGEM (x).

dos frutos); outono (desenvolvimento dos frutos e maturação e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 139 ppm; 200 ppm e 250 ppm,

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando a variação de alguns elementos minerais nas folhas do cafeeiro, observaram uma tendência ascensional para os teores de manganês, à medida do desenvolvimento dos frutos.

4.11. Zinco

4.11.1. Concentração

Os valores da concentração de zinco dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, acham-se na Tabela 19.

A análise da variância da concentração de zinco dos frutos, em função do seu desenvolvimento, encontra-se exposta na Tabela 18, verificando-se que a concentração foi afetada pela época.

Aos teores de zinco dos frutos, ajustou-se uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 20, com os teores diminuindo de 15 ppm para 4 ppm dos 21 aos 252 dias após o início do aparecimento de "chumbinho", com ponto de inflexão aos 216 dias com concentração de 4,2 ppm.

Tabela 19. Concentração (ppm) de zinco dos frutos, das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem (média de 6 repetições)

Época*	Frutos	Folhas	
		Ramos com frutos	Ramos sem frutos
21	16	11	10
42	10	8	7
63	10	7	5
84	8	8	8
105	7	6	11
126	5	13	10
147	5	10	10
168	5	9	11
189	4	11	7
210	4	5	5
231	4	5	5
252	4	9	7
d.m.s. (Tukey 5%)	2,3	3,0	3,0

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

FIG. 20 - CURVA DE REGRESSÃO DO TEOR DE ZINCO (y) NO FRUTO DO CAFEEIRO EM FUNÇÃO DO SEU DESENVOLVIMENTO (x).

CATANI *et alii* (1967b), verificando a variação na concentração de macro e micronutrientes dos frutos do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento, constataram que o teor de Zn diminuiu de 11 ppm na fase inicial de formação do fruto até 3 ppm no período de maturação. No presente trabalho, os valores estiveram muito próximos a esses.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando a variação de alguns elementos minerais nos frutos do cafeeiro, observaram que os teores de zinco encontrados foram mais ou menos constantes, em sua fase inicial de crescimento, caindo daí em diante.

Com relação às folhas, a análise da variância da concentração de zinco das folhas de ramos com frutos e das folhas de ramos sem frutos, em função da época de amostragem, pode ser vista na Tabela 16. A concentração de zinco foi afetada pela época interagindo com tipo de folha.

Os teores de zinco das folhas de ramos com frutos variaram segundo uma equação de regressão cúbica, mostrada na Figura 21, onde as concentrações decresceram de 10 ppm para 8 ppm dos 21 aos 83 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Após este período os teores aumentaram até aos 172 dias com 9 ppm voltando a diminuir em seguida. O ponto de inflexão se situou aos 128 dias com 9 ppm.

Nas folhas de ramos sem frutos, aos teores de zinco ajustou-se uma equação de regressão quadrática, conforme a Figura 21 com os teores aumentando de 8 ppm para um máximo de 9 ppm dos 21 aos 112 dias após o início do aparecimento de "chumbinho". Após este período os teores diminuíram até aos 252 dias quando atingiram 6 ppm.

$$\hat{Y}_1 = 11,6145 - 0,092617x + 0,0008265x^2 - 0,000002158x^3 \quad (R^2 = 13,53\%)$$

$$\hat{Y}_2 = 6,9394 + 0,036753x - 0,0001633x^2 \quad (R^2 = 18,08\%)$$

FIG. 21 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS TEORES DE ZINCO (y) EM FOLHA DE RAMOS COM FRUTOS (—) E FOLHA DE RAMOS SEM FRUTOS (---), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM (x).

A variação na concentração de zinco nos dois tipos de folhas foi distinta ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém em média, o teor do elemento foi ligeiramente mais elevado nas folhas de ramos com frutos.

LOTT *et alii* (1961), realizando um levantamento de cafezais, no Estado de São Paulo e Paraná, pela análise foliar, citam teores médios de Zn de 11,6 ppm; 13,5 ppm e 9,3 ppm no verão (início de formação dos frutos), outono (desenvolvimento dos frutos e maturação) e primavera (florescimento), respectivamente no Estado de São Paulo. Para o Estado do Paraná estas concentrações foram de 22,6 ppm; 15,0 ppm e 19,1 ppm.

SILVA e SOUZA *et alii* (1975), estudando a variação de alguns elementos minerais nas folhas do cafeeiro, observaram um crescimento na concentração de zinco no período inicial de desenvolvimento dos frutos, seguido de um decréscimo. Estes resultados coincidem com os obtidos no presente trabalho para folhas de ramos sem produção.

4.12. Extração dos Nutrientes

Na Tabela 20 encontram-se as quantidades de macronutrientes e matéria seca nos frutos do cafeeiro na época de máximo acúmulo.

A extração total de macronutrientes pelos frutos do cafeeiro em ordem decrescente em Kg/ha foi: potássio 127,390; nitrogênio 93,420; cálcio 10,190; magnésio 8,920; enxofre 6,990 e fósforo 4,360.

Verifica-se pela Tabela 20 a grande exportação de potássio e nitrogênio pelos frutos e a pequena exportação de fósforo.

Tabela 20. Quantidades de macronutrientes acumuladas e matéria seca produzida pelos frutos do cafeeiro nas épocas (dias entre parênteses) de máximo acúmulo

Macronutrientes	Frutos	
	g/cova	Kg/ha ¹
Nitrogênio	93,42 (210)	93,420
Fósforo	4,36 (252)	4,360
Potássio	127,39 (210)	127,390
Cálcio	10,19 (210)	10,190
Magnésio	8,92 (210)	8,920
Enxofre	6,99 (252)	6,990
Matéria Seca	4.251,46 (217)	4.251,460

¹ Calculado em função de 1000 covas (2 plantas/cova).

As épocas de máximo acúmulo de macronutrientes nos frutos oscilou entre 210 a 252 dias.

Na Tabela 21, verificam-se os valores de extração de macronutrientes (g/cova e percentagem do total absorvido), durante o desenvolvimento dos frutos.

As quantidades de boro, cobre, manganês e zinco nos frutos do cafeeiro na época de máximo acúmulo podem ser vistas na Tabela 22.

Tabela 21. Quantidades (g/cova) de macronutrientes acumuladas pelos frutos do cafeeiro e percentagem (%) do total absorvido durante seu desenvolvimento

Epoca*	Macronutrientes											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
21	0,55	0,6	-0,03	0,7	0,55	0,4	0,12	1,2	0,06	0,7	0,02	0,3
42	24,63	26,4	1,45	33,2	25,42	19,9	4,29	42,1	2,28	25,6	1,23	17,6
63	41,95	44,9	2,42	55,5	44,57	35,0	5,73	56,2	3,44	38,6	2,29	32,8
84	55,05	58,9	3,06	70,2	61,04	47,9	6,22	61,0	4,15	46,5	3,22	46,1
105	65,74	70,4	3,47	79,6	76,36	59,9	6,31	61,9	4,88	54,7	3,73	53,0
126	74,83	80,1	3,74	85,8	90,86	71,3	6,68	65,5	6,01	67,4	4,01	57,0
147	82,43	88,2	3,90	89,4	104,34	81,9	7,80	76,5	7,05	79,0	4,08	58,0
168	88,53	94,8	3,99	91,5	115,66	90,8	8,77	86,0	7,98	89,5	3,99	57,1
189	92,48	99,0	4,08	93,6	123,73	97,1	9,58	94,0	8,75	98,1	4,16	59,6
210	93,42	100,0	4,16	95,4	127,39	100,0	10,19	100,0	8,92	100,0	4,67	66,8
231	90,50		4,27	97,9	124,76		9,30		8,03		5,50	78,7
252	83,12		4,36	100,0	115,62		6,99		6,17		6,99	100,0

* Dias após o início do aparecimento de chumbinho.

Tabela 22. Quantidades de micronutrientes acumuladas e matéria seca produzida pelos frutos do cafeeiro nas épocas (dias entre parênteses) de máximo acúmulo.

Micronutrientes	Frutos	
	mg/cova	g/ha ¹
Boro	71,90 (231)	71,900
Cobre	67,94 (210)	67,940
Manganês	220,80 (210)	220,800
Zinco	20,04 (126)	20,040
Matéria Seca	4.251,46 ² (217)	4.251,460 ³

¹ Calculado em função de 1000 covas (2 plantas/cova)

² Calculado em g/cova

³ Calculado em Kg/ha

A extração total destes micronutrientes em ordem decrescente em g/ha foi: manganês 220,800; boro 71,900; cobre 67,940 e zinco 20,040.

Os acúmulos máximos dos micronutrientes estudados nos frutos, ocorreram entre 126 e 231 dias.

Na Tabela 23, verificam-se os valores de extração (mg/cova e percentagem do total absorvido), durante o desenvolvimento dos frutos.

Tabela 23. Quantidades(mg/cova) de micronutrientes acumuladas pelos frutos do cafeeiro e percentagem (%) do total absorvido durante seu desenvolvimento

Época*	Micronutrientes (mg/cova)							
	B		Cu		Mn		Zn	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
21	0,72	1,0	0,50	0,7	3,59	1,6	0,26	1,3
42	26,30	36,6	21,92	32,3	127,12	57,6	10,52	52,5
63	34,40	47,8	36,05	53,1	163,87	74,2	16,39	81,8
84	34,55	48,0	46,07	67,8	161,24	73,0	18,43	92,0
105	34,45	47,9	51,67	76,0	149,28	67,6	17,22	85,9
126	36,75	51,1	60,13	88,5	146,99	66,6	20,04	100,0
147	40,84	56,8	63,12	92,9	159,67	72,3	18,57	
168	51,85	72,1	67,80	99,8	179,47	81,3	19,94	
189	62,50	86,9	66,65	98,1	204,13	92,4	16,67	
210	67,94	94,5	67,94	100,0	220,80	100,0	16,98	
231	71,90	100,0	63,44		215,69		16,92	
252	69,95		61,72		176,94		16,46	

* Dias após o início do aparecimento de "chumbinho".

5. CONCLUSÕES

5.1. Desenvolvimento dos Frutos

- A produção de matéria seca pelos frutos foi contínua até aos 217 dias quando atingiu o ponto de máximo acúmulo com 4.251,46 g/cova (2 plantas).

5.2. Concentração de Nutrientes

- As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn foram mais elevadas nos frutos, nos seus estádios iniciais de crescimento.

- As concentrações de S foram mais elevadas nos frutos, nos seus estádios finais de maturação.

- O comportamento do N, P, B e Zn ao longo do desenvolvimento dos frutos, foi diferente quando se analisaram folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos.

- O comportamento do K, Ca, Mg, S, Cu e Mn, ao longo do desenvolvimento dos frutos, foi semelhante quando se analisaram folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos.

- As folhas de ramos com frutos apresentaram teores mais elevados de N, P, K, Mn e Zn nos estádios iniciais de crescimento dos frutos e concentrações mais baixas de Ca, Mg, S, B e Cu nessa mesma época.

- As folhas de ramos sem frutos apresentaram teores mais elevados de P, K e Mn no início de formação dos frutos e concentrações mais baixas em N, Ca, Mg, S, Cu e Zn nessa mesma época.

- A concentração de B nas folhas de ramos sem frutos permaneceu estável, durante todo o período de crescimento dos frutos.

5.3. Diagnose Foliar

- A avaliação do estado nutricional do cafeeiro para os elementos N, P, B e Zn deve ser feita utilizando as folhas de ramos com frutos.

- A avaliação do estado nutricional do cafeeiro em K, Ca, Mg, S, Cu e Mn pode ser feita utilizando-se tanto folhas de ramos com frutos como folhas de ramos sem frutos.

5.4. Redistribuição de Nutrientes

- Ocorreu redistribuição de nutrientes tanto de folhas de ramos com frutos quanto de folhas de ramos sem frutos.

- A redistribuição de N, P, K e Mn foi mais acentuada na época de maior desenvolvimento dos frutos e para o N e P, ocorreu com maior intensidade das folhas de ramos com frutos.

5.5. Extração de Nutrientes

- O acúmulo máximo de nutrientes pelos frutos oscilou entre 210 a 252 dias, com exceção do zinco que ocorreu aos 126 dias, após o início do aparecimento de "chumbinho".

- A extração total de nutrientes pelos frutos obedeceu à seguinte ordem decrescente: potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, manganês, boro, cobre e zinco.

LITERATURA CITADA

- ADUAYI, E.A., 1971. The effect of copper on the growth and major nutrient contents of coffee seedlings grown in nutrient solutions. Turrialba, 21(1):53-57.
- AMORIN, H.V.de; L.C.SCOTON; A.CASTILHO; F.P.GOMES e E.MALAVOLTA, 1965. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVII. Efeito da adubação NPK na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida (Nota preliminar). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 22:139-151.
- AMORIN, H.V.de; L.C.SCOTON; A.CASTILHO; F.P.GOMES e E.MALAVOLTA, 1967. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da adubação N, P, K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida (2a. nota). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24:215-227.
- AMORIN, H.V.de; L.C.SCOTON; H.P.HAAG e E.MALAVOLTA, 1968. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XX. Efeito da variação do pH no desenvolvimento e composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Mundo Novo) cultivado em Solução Nutritiva. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 25:121-135.

- AMORIN, H.V.de; A.A.TEIXEIRA; R.S.MORAES; A.J.REIS; F.P.GOMES e E. MALAVOLTA, 1973. Estudos sobre a alimentação Mineral do Cafeeiro. XXVII. Efeito da adubação N, P e K no teor de macro e micronutrientes do fruto e na qualidade da bebida do café. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 30:323-333.
- ANSTEAD, R.E. e C.K.PITTOCK, 1913. The varying composition of the Coffee berry at different stages of its growth and its relation to the manuring of coffee estates. Planters' chornicle, Coimbatore, 8(36):455-460.
- ARISTIZABAL, G.V. e J.A.PULGARIN, 1977. Efecto de la fertilization con N, P, K a tres niveles en la composicion mineral de las hojas del cafe to. Cenicafé, Chinchina, 28(4):119-138.
- ARZOLLA, J.D.P., 1955. Contribuição ao estudo da absorção e da translocação do radio-zinco no cafeeiro. Piracicaba, ESALQ/USP, 38 p. (Tese de Doutorado).
- ARZOLLA, J.D.P.; H.P.HAAG e E.MALAVOLTA, 1955/1956. Nota preliminar sobre a absorção e a translocação do radiozinco no cafeeiro (*Coffea arabica*) cultivado em solução nutritiva. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 12/13:113-120.
- ARZOLLA, S.; L.GOMES; J.R.SARRUGE; R.G.ANDRADE; E.A.GRANER e E.MALAVOLTA, 1963. 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, 20:41-52.
- AVILAN, L., 1971. Variaciones de los niveles de nitrogeno, fósforo, potassio y calcio en las hojas de mango (*Mangifera indica* Linn.) a traves de un ciclo de producción. Agronomia Tropical, Maracay, 21(1):3-10.

- BATAGLIA, O.C.; O.RODRIGUEZ; R.HIROCE; J.R.GALLO; P.R.FURLAN e A.M.C.FURLANI, 1977. Composição mineral dos frutos cítricos na colheita. Bragantia, Campinas, 36(21):215-221.
- BATES, T.E., 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: a review Soil Science, New Brunswick, 112:116-130.
- BIDDULPH, O., 1941. Diurnal migration of injected radiophosphorus from bean leaves. American Journal of Botany, Lancaster, 28(4):348-352.
- BIDDULPH, O. e J.MARKLE, 1944. Translocation of radiophosphorus in the phloem of the cotton plant. American Journal of Botany, Lancaster, 31(1):65-70.
- BIDDULPH, O.; S.BIDDULPH; R.CORY e H.KOONTZ, 1958. Circulation paterhns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plant. Plant Physiology, Lancaster, 33:293-300.
- BONNET, J.A., 1969. Influence of varieties and seasons upon the mineral nutrient levels of Coffee leaves from Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, Rio Piedras, 53(3):177-186.
- BRENCHLEY, W.E., 1929. The phosphate requirements of barley at different periods of growth. Annals of Botany, London, 43:89-110.
- BROWN, A.L.; S.YAMAGUCHI e J.LEAL-DINIZ, 1965. Evidence for translocation of iron in plants. Plant Physiology, Lancaster, 40:35-38.
- BUKOVAC, M. e S.H.WITTWER, 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiology, Lancaster, 32:428-435.
- BURD, J.S., 1919. Rate of absorption of soil constituentes at sucessive stages of plant growth. Journal of Agricultural Research, Wasghinton, 18:51-72.

- CAHOON, G.A., 1980. Nutrient content of twelve french and American hybrid grope cultivars grown under a wide range of soil conditions. Research circular, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, (259):39-48.
- CANNELL, M.G.R. e P.A.HUXLEY, 1969. Seasonal differences in the pattern of assimilates movement in branches of *Coffea arabica* L., Annals of applied Biology, Cambridge, 64:345-357.
- CANNELL, M.G.R. e B.S.KIMEU, 1971. Uptake and distribution of macro-nutrient in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. Annals of applied Biology, Cambridge, 68(2):213-230.
- CARVAJAL, J.F.; A.ACEVEDO e C.A.LOPES, 1969. Nutrient uptake by the Coffee tree during a yearly cycle. Turrialba, 19(1):13-20.
- CASTRO, A.M.G.de; J.R.SARRUGE e O.C.RIBEIRO, 1975. Extração e exportação de macronutrientes por frutos de Guaranã (*Paullinia cupana* var. *Sor-bilis*) no município de Maues - AM. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 32:609-614.
- CATANI, R.A. e F.R.P.de MORAES, 1958. A composição química do cafeeiro. Revista de Agricultura, Piracicaba, 33:45-52.
- CATANI, R.A.; D.PELEGIRINO; H.BERGAMIN FILHO; N.A.da GLORIA e C.A.F. GRANER, 1965. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro, *Coffea arabica* var. Mundo Novo |(B.Rodr.) Choussy| aos dez anos de idade. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 22:81-93.

- CATANI, R.A.; D.PELEGIRINO; V.C.BITTENCOURT; A.O.JACINTHO e C.A.F. GRANER, 1967a. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro, *Coffea arabica*, L., variedade Mundo Novo (B.Rodr.)Choussy, aos dez anos de idade. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24:97-106.
- CATANI, R.A.; D.PELEGIRINO; J.C.ALCARDE e C.A.F.GRANER, 1967b. Variação na concentração e na quantidade de macronutrientes no fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24:249-263.
- CHAPMAN, H.D. e E.R.PARQUER, 1942. Weekly absorption of nitrate by young bearing orange trees growing out-of-door in solution cultures. Plant Physiology, Lancaster, 17(3):366-376.
- CHAPMAN, H.D., 1967. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selected crops. In: HARDY, G.W. et alii, ed. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, Inc., v.2, p.77-92.
- CHAVERRI, R.G., 1955. Estimación de la variación anual en las hojas del cafeto, de los elementos nutrientes nitrogeno, fosforo, boro, calcio, magnesio por medio del analisis químico foliar. San José da Costa Rica, Ministério de Agricultura e Industrias, 16 p. (Relatório anual do Laboratório de Química).
- CHAVERRI, R.G.; E.BORNEMISZA, S. e F.CHAVES, S., 1957. Resultados del análisis foliar del cafeto em Costa Rico. San José, Costa Rica. Ministério de Agricultura e Industrias, 39 p. (Informe técnico, nº 3).
- COELHO, F.A.S. e F.VERLÊNGIA, 1971. Fertilidade do Solo. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 384 p.

- COLONNA, J.P., 1964. Contribution à l'étude pratique du diagnostic foliaire du caféier excelsa. Café, Cacao, Thé, Nogent-sur-Marne, 8(4): 264-274.
- COOIL, B.J., 1954. Leaf Composition in relation to growth and yield of Coffee in Kona. Kona, Hawaii, Coffee Information Exchange, 13 p.
- CRAFTS, A.S., 1961. Translocation in plants. New York, Holt, Rinehart and Winston, 182 p.
- CRAFTS, A.S. e C.E.CRISP, 1971. Phloem transport in plants. San Francisco, Freeman, 481 p.
- DAFERT, F.W., 1895. Sobre as substâncias minerais do cafeeiro. Relatório do Instituto Agrônomo de 1888 a 1893, Campinas:183-203.
- DROVER, D.P., 1970. A preliminary survey of cocoa nutrition in relation to dieback disease in Papua and New Guinea. Experimental Agriculture, London, 6:33-40.
- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas. Trad. E.Malavolta, São Paulo, Ed. USP, 341 p.
- ESPINOSA, F.M., 1960. El análisis foliar en el diagnostico del estado nutricional del cafeto. Santa Tecla, El Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, 20 p. (Boletín informativo, supl.2).
- ESPINOSA, F.M., 1969. Efecto de diferentes fuentes nitrogeno en la composition foliar y produccion de cafetos jóvenes em um Latossolo argiloso. Agricultura, El Salvador, 9(2):6165.
- FERNANDES, P.D.; G.D.OLIVEIRA; C.RUGGIERO e H.P.HAAG, 1977. Extração de Nutrientes durante o desenvolvimento do fruto do Maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 34:127-137.

- FORESTIER, J. e J.BELEY, 1969. Variabilit de la nutrition minerale et de la production des clones de cafier robusta. Caf, Cacao, Th, Nogent-sur-Marne, 13(4):290-296.
- GALLO, J.R.; R.HIROCE; F.A.S.COELHO e S.V.TOLED0, 1967. Levantamento do Estado Nutricional de cafezais de So Paulo, pela anlise foliar. I. Solo Massap - Salmouro. Bragantia, Campinas, 26:103-108.
- GODOY-JUNIOR, C. e E.A.GRANER, 1970. Adubao do Caf. XI. Produo, rendimento e caractersticas do fruto e do gro no quinto ano de colheita. Revista de Agricultura, Piracicaba, 45(1):103-108.
- GOPAL, N.H.; N.VASUDEVA e A.BALASU BRABANIAN, 1976. Studies on absorption and translocation of phosphorus using radioactive superphosphate (p^{32}) in coffee plants. Journal of Coffee Research. Ballchonnur, 6(3/4): 69-75.
- HAAG, H.P. e J.R.SARRUGE, 1967. Uptake of zinc by detached root of young coffee trees (*Coffea arabica* L., variety Mundo Novo). Fertilit, Paris, 29:13-22.
- HART, G., 1966. Coffee nutrition. II. Plantation survey. Papua and New Guinea Agricultural Journal, Port Moresby, 18:62-68.
- HIROCE, R.; O.C.BATAGLIA,; J.R.GALLO e F.R.P.de MORAES, 1972. Teores de Nitrognio nas folhas de cafeeiro, em relao adubao qumica. II. Solo Podzlico Vermelho Amarelo orto. Cincia e Cultura. Resumos da 24 Reunio Anual da SBPC. So Paulo, 24(7):412-413. Suplemento.
- HIROCE, R., 1981. Diagnose foliar em cafeeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA, ed. Cultura e adubao do cafeeiro. So Paulo, p.117-137.
- HOAGLAND, D.R. e A.R.DAVIS, 1923. The composition of the cell sap of the plant in relation to the absorption of ions. Journal of General Physiology, Baltimore, 5:629-646.

- HOAGLAND, D.R., 1937. Some aspects of the salt nutrition of higher plants. Botanical Review, Lancaster, 3:307-334.
- HORBERGER, R., 1882. Chemische untersuchungen uber das wachstum der maispflanze. Land wirtschaftliche Jahrbucher, Berlin, 11:359-523.
- HUERTA, S.A., 1963. Par de hojas representativo del estado nutritional del cafeto. Cenicafé, Chinchina, 14:111-128.
- HUERTA, S.A., 1965. Composição mineral das folhas, adubação e produção do café. Fertilité, Paris, 23:42-52.
- KOLLER, O.C., 1975. Influência do virus da tristeza dos citros sobre a absorção e translocação do zinco. Piracicaba, ESALQ/USP, 141 p. (Tese de doutoramento).
- KOSS, J.; J.F.CARVAJAL e J.A.SOLANO, 1973. Copper nutrition of Coffee in Costa Rica. Turrialba, 23(2):208-215.
- KUMAR, D., 1979. Some aspects of plant-water-nutrient relationships in *Coffea arabica* L. Kenya Coffee, Nairobi, 44(517):15-21.
- LAGATU, H. e L.MAUMÉ, 1926. Diagnostic de l'alimentation d'un vegetal par l'évaluation chimique d'une feuille convenablement choisée. Comptes Rendus de l'Academie de Sciences de France, Paris, 182:653-655.
- LAGATU, H. e L.MAUMÉ, 1930. Le diagnostic foliar de la pomme de terre. Premier Mémoire. Annales de l'Ecole Nationale Agricole, Montpellier, 20:219-281.
- LIEBSCHER, G., 1887. Der Verlauf des Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. Jahrbuch des Landwirtschaftliche, Berlin, 35:335-518.

- LOTT, W.L.; J.P.NERY; J.R.GALLO e J.C.MEDCALF, 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 29 p. (Boletim n. 79).
- LOUË, A., 1951. Étude de la nutrition du caféier par la méthode du diagnostic foliaire. Bulletin du Centre de Recherches Agronomiques, Bingerville, Ivory Coast, (3):10-25.
- LOUË, A., 1957. Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in the Ivory Coast. Berne, International Potash Institute, 68 p.
- LOUË, A., 1958. A nutrição mineral e a fertilização do café robusta na Costa do Marfim. Fertilité, Paris, 5:27-60.
- MACY, P., 1936. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. Plant Physiology, Lancaster, 11:749-764.
- MALAVOLTA, E.; F.P.GOMES e T.COURY, 1958. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro (*Coffea arabica* L. variedade Bourbon Vermelho). I. Resultados preliminares. Piracicaba, ESALQ/USP, 16 p. (Boletim nº 14).
- MALAVOLTA, E.; L.N.MENARD e W.L.LOTT, 1959. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. II. Absorção do Superfosfato radiativo pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon Amarelo) em condições de campo. Bragantia, Campinas, 16:101-111.
- MALAVOLTA, E.; E.A.GRANER; J.R.SARRUGE e L.GOMES, 1963. 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, 13(3):188-189.
- MALAVOLTA, E.; E.A.GRANER; H.P.HAAG e J.R.SARRUGE, 1964. Estudos sobre a nutrição mineral do café. XII. Efeito da adubação na composição mineral das folhas. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 21:74-78.

- MALAVOLTA, E.; H.P.HAAG; F.A.F.MELLO e M.O.C.BRASIL SOBRº., 1967. Os nutrientes essenciais. In: MALAVOLTA, E. et alii, Nutrição mineral de algumas culturas tropicais. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, p.1-39.
- MALAVOLTA, E., 1974. Nutrição mineral do cafeeiro. In: Simpósio sobre café, IBC/IAPAR/AEAP, Londrina, p. 1-36.
- MALAVOLTA, E., 1979. Nutrição mineral e adubação do citros. Boletim Técnico do Instituto da Potassa. Piracicaba (5):13-71.
- MALAVOLTA, E., 1981. Nutrição Mineral e adubação do cafeeiro, passado, presente e perspectivas. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA, ed. Nutrição e adubação do cafeeiro. São Paulo, p.138-178.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1972. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. Piracicaba, ESALQ/USP, 100 p. (Tese de Doutorado).
- MATHEW, P.K. e W.K. RAO, 1980. Nutritional requirements of coffee. Planters' chronicle, Coimbatore, 75(10):437-441.
- MAXIMOV, N.A., 1946. Fisiologia vegetal. Versión española por Armando Teodoro Hunziker. Buenos Aires, ACME, 433 p.
- McILRATH, W.J., 1965. Mobility of boron in several dicotyledonous species. Botanical gazette, Chicago, 126:27-30.
- MEDCALF, J.C.; W.L.LOTT; P.B.TEETER e L.R.QUINN, 1955. Programa experimental no Brasil. Boletim do IBEC Research Institute, São Paulo (6): 1-75.
- MEDINA, H.P. e F.GROHMANN, 1962. Contribuição ao estudo de análise granulométrica do solo. In: Anais do 6º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador, p. 29-38.

- MENARD, L.N., 1956. Efeitos do fósforo e de alguns micronutrientes no crescimento e composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. Caturra, K.M.C.) cultivado em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP, 64 p. (Tese de Doutorado).
- MENARD, L.N. e E.MALAVOLTA, 1957. Absorção e distribuição do fósforo radioativo no cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Caturra, K.M.C.). Boletim da Superintendência dos Serviços do Café, São Paulo, 32(366):7-14.
- MILTHORPE, F.L. e J.MOORBY, 1969. Vascular transport and its Significance in plant growth. Annual Review of Plant Physiology. Stanford, 20: 117-138.
- MIRANDA, A., s.d. Relación entre el nitrogeno y el potasio con el contenido foliar de cafeína en *Coffea arabica*, var. Caturra K.N.C. Panamá, Departamento de Café y Cacao del MIDA, p. 116-133.
- MITCHELL, J.W.; I.R.SCHNEIDER e H.G.GAUCH, 1960. Translocation of particles within plants. Science, New York, 131(3417):1863-1870.
- MORAES, F.R.P.de e R.A.CATANI, 1964. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. Bragantia, Campinas, 23 (26):331-336.
- MÜLLER, L., 1959. La aplicación del diagnostico foliar en el Cafeto (*Coffea arabica* L.) para una mejor fertilization. Turrialba, 9(4): 110-122.
- MUNSON, R.D. e W.L. NELSON, 1973. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L.M. & J.D.BEATON, ed. Soil testing and plant analysis. Madison, Wis., Soil Science Society of America, p.223-248.
- NJAGI, S.B.C., 1980. Economics of fertilizer use in the production of Coffee. I. Nitrogen fertilizers. Kenya Coffee, Nairobi, 45(526):15-20.

- NORMAN, A.G., 1944. Inoculation and nitrogen nutrition of soybeans. Soybean Digest, Hudson, 4(11):41-42.
- OMATOSO, T.I. e A.OLOJOLA, 1972. The effects of macronutrientes on the growth and leaf composition of *Coffea canephora* Pierre. Turrialba, 22(1):53-60.
- ORUKO, B.A. e G.M.GATITU, 1979. The role of potassium and magnesium in the nutrition and yield of *Coffea arabica* L. Kenya Coffee, Nairobi, 44(515)15-24.
- OYEBADE, T., 1976. Studies on the pathern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigéria. Turrialba, 26(3):257-260.
- PARRA, H.J.; A.McCORMICKN e F.ARCILA O., 1962. Sitios optimos para fertilizar el café. Cenicafé, Chinchina, 13:115-124.
- PEREIRA, J.F.; A.S.CRAFTS e S.YAMAGUCHI, 1963. Translocation in coffee plants. Turrialba, 13(2):64-79.
- PEREIRA, J.F. e S.YAMAGUCHI, 1964. Absorption and translocation of arsenate arsenic by Coffee plants. Turrialba, 14:91-93.
- RAJU, L. e T.R.SUBRA MANIAN, 1969. Studies on leaf analysis in the NPK nutrition of arabica Coffee. Turrialba, 19(1):49-56.
- RAMAIAH, P.K. e N.VASUDEVA, 1969. Observations on the growth of Coffee berries in South India. Turrialba, 19(4):455-464,
- ROBERTSON, R.N., 1951. Mechanism of absorption and transport of inorganic nutrients in plants. Annual Review of Plant Physiology, Stanford, 2: 1-24.

- ROY, W. e F.E.GARDNER, 1946. Seasonal absorption of nutrient ions by orange trees in sand culture. Proceedings American Society of Horticultural Science, College Park, 47:107-118.
- RUSSEL, E.J., 1927. Soil conditions and plant growth, London, Longmans, Green and Co, 655 p.
- SAMUELS, G. e B.G.CAPO, 1952. Effects of level of a fertilizer element on the uptake and concentration of that element and other elements in a plant. Agronomy Journal, Washington, 44(7):352-357.
- SAMUELS, G., 1957. Abonos para café. Revista de Agricultura de Puerto Rico, San José, 44(2):121-125.
- SARRUGE, J.R.; L.GOMES; H.P.HAAG e E.MALAVOLTA, 1963. Estudo sobre a alimentação mineral do algodoeiro. I. Marcha da absorção dos macronutrientes (Nota prévia). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 20:13-30
- SARRUGE, J.R.; H.V.de AMORIN e E.MALAVOLTA, 1966. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVIII. Nota sobre a absorção foliar e radicular do fósforo por plantas jovens de *Coffea arabica* L., var. Mundo Novo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 23:81-84
- SARRUGE, J.R. & H.P.HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Departamento de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz"/USP, 56 p.
- SHEAR, C.B. e C.B.SMITH, 1969. Differential accumulation of mineral elements in the leaves of seedling progenies of seven apple cultivars. Journal of the American Society Horticultural Science, College Park, 94:471-473.
- SILVA, H.L. e H.L.SILVA, 1956. Variação de composição mineral de folhas de cafeeiro. Revista do Café Portugues, Lisboa, 12:15-34.

- SILVA, H.L. e H.L.SILVA, 1957. Variação de composição mineral de folhas de Cafeeiro. Revista do Café Portugues, Lisboa, 14:24-60.
- SILVA e SOUZA, V.H.da; M.MAESTRI; J.M.BRAGA e J.R.P.CHAVES, 1975. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café (*Coffea arabica* L. var. "Mundo Novo"). Revista Ceres, Viçosa 22(123): 310-331.
- SNYDER, H., 1893. The effect of the wheat plant upon the soil in different stages of its growth. Bulletin of the Minnesota Agricultural Experiment Station, St.Paul (29):153-160.
- SOLORZANO, V.N. e V.E.BORNEMISZA, 1976. Estudios del cultivo de yuca en Costa Rica. II. Composición química y producción de tres cultivares. Turrialba, 26(3):261-267.
- STEENBJERG, F., 1951. Yield curves and chemical plant analysis. Plant & Soil, Gravenhage, 3:97-109.
- STEENBJERG, F. e S.T.JAKOBSEN, 1963. Plant and yield curves. Soil Science, New Brunswick, 95:69-88.
- STEPHENS, D., 1967. A note on the correlations between coffee yields and soil analysis in Uganda. East African Agricultural and Forestry Journal, Nairobi, 32:456-458.
- STEUCEK, G.L. e H.V.KOONTZ, 1970. Phloem mobility of magnesium. Plant Physiology, Lancaster, 46:50-52.
- TAKIDZE, R.M., 1981. Determination of mineral nutrient requirements of citrus crops by means of foliar diagnosis. Subtropicheskie Kul'tury, (1):61-68.

- TESHA, A.J. e D.KUMAR, 1979. Effects of soil moisture potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabica*. Turrialba, 29(3):213-218.
- VAN RAIJ, J.C. e M.A.T.ZULHO, 1977. Métodos de análise de solo. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 16 p. (Circular nº 63).
- VASUDEVA, N. e N.H.GOPAL, 1977. Distribution of nitrogen in ripe fruits of coffee plants. Indian Coffee, Chickmagalus, 41(4):121-123.
- VERLIÈRE, G., 1973a. La nutrition minérale et la fertilisation du caféier sur sol schisteux en Côte D'ivoire. IV. Influence de la fertilisation minérale sur la composition du fruit. Café, Cacao, Thé, Nogent-sur-Marne, 17(4):269-280.
- VERLIÈRE, G., 1973b. La nutrition minérale et la fertilisation du caféier sur sol schisteux en Côte D'ivoire. I. Étude de la nutrition minérale. Café, Cacao, Thé, Nogent-sur-Marne, 17(2):97-124.
- VERLIÈRE, G., 1973c. La nutrition minérale et la fertilisation du caféier sur sol schisteux en Côte D'ivoire. III. Relation entre les rendements et la composition minérale des feuilles. Café, Cacao, Thé, Nogent-sur-Marne, 17(3):211-222. \
- WALQUER, T.W., 1960. Uptake of ions by plants growing in soil. Soil Science, New Brunswick, 89:328-332.
- WITHNER, C.L., 1949. Movement of P^{32} in maturing corn Plants. Plant Physiology, Lancaster, 24:527-529.
- ZEIGER, D.C. e J.E.SHELTON, 1969. Seasonal distribution of Manganese in leaves and Shoots of Red Delicious apple tress showing internerval bark necrosis (IBN). Hort.Science, Saint Joseph, 4:213-215.