

ADUBAÇÃO NÃO RADICULAR COM DUAS FONTES DE ZINCO  
EM *Coffea arabica* L. "MUNDO NOVO" (B.Rodr.) Choussy +

G.D. de OLIVEIRA \*\*  
H.P. HAAG\*  
J.R. SARRUGE \*  
J.D. COSTA \*\*  
A.R. DECHEN \*\*\*

RESUMO

Em cafezal com 8 anos de idade, com deficiência visível de zinco, situado em um Latossol Amarelo - fase arenosa, do município de Jaú, SP, procederam-se pulverizações em novembro, março e julho de 1978 (grande safra) e março e julho de 1979 (pequena safra). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso e constou dos seguintes tratamentos, nas doses por planta: 1g de zinco (sulfato de zinco 0,5%), 3g de nitrogênio

- 
- + Parte da tese apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz" pelo primeiro autor, falecido em 16/12/80. Projeto financiado pela Allied Chemical do Brasil. Entregue para publicação em 13/02/1981.
- \* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- \*\* Departamento de Agricultura e Horticultura, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- \*\*\* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz, USP. Bolsista do CNPq.

(uréia 1,3%), 1g de zinco + 3g de nitrogênio (sulfato de zinco 0,5% + uréia 1,3%) e 0,25g, 0,50g, 1,00g e 2,00g de zinco juntamente com 0,75g, 1,50g, 3,00g e 6,00g de nitrogênio (respectivamente NZN 15-0-0-5 \* a 0,75%, 3,00% e 6,00% v/v). Na época das pulverizações foram coletadas amostras de 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> pares de folhas, e determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Os resultados mostraram que: a) a produção máxima calculada de café beneficiado foi 3.009,4 kg/ha, obtida com pulverização de 5,84 l de NZN por hectare (NZN 1,17%); b) o sulfato de zinco e a uréia, juntos ou isoladamente, não afetaram a produção; c) a dose de 15,0 l de NZN por hectare diminuiu a produção; d) as aplicações de uréia (1,3%) + sulfato de zinco (0,5%) e de doses de NZN superiores a 7,5l/ha provocaram injúrias visíveis nas folhas. Esse efeito se agravaram com dosagens de 15 l e 30 l de NZN por hectare; e) as concentrações dos nutrientes nas folhas foram afetadas de maneira diferente pelas épocas de amostragem e pela produção do cafeeiro; f) a aplicação de doses crescentes de NZN provocou aumento nas concentrações de zinco, manganês e boro e diminuição nas de cálcio e potássio nas folhas, em determinadas épocas da grande ou pequena safra; g) a concentração de zinco em julho, relacionada com a maior produção do cafeeiro, foi 70 ppm.

## INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século passado foi descoberto que

---

\* d = 1,33

as folhas dos vegetais podem absorver nutrientes, além da água, dióxido de carbono e oxigênio. Essa habilidade da parte aérea da planta em aproveitar nutrientes aplicados em forma de pulverização constitui o fundamento da aplicação foliar de fertilizantes; tal técnica tem tomado interesse e importância nos últimos anos, devido à rapidez da absorção dos nutrientes em relação à forma tradicional de aplicar os fertilizante no solo.

Embora o café tenha importância mundial, sendo até mesmo o sustentáculo de muitas nações, o número de trabalhos realizados com aplicação foliar de nutrientes e seus efeitos na produção e composição química da planta ainda é insuficiente, com resultados até mesmo contraditórios.

No levantamento do estado nutricional de 600 cafezais do Estado, o Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo verificou que entre os macronutrientes, o nitrogênio se constituía no mais carente nas lavouras (70%) e entre os micronutrientes o zinco (30%).

ORUKO (1977) sugere que experimentos com nutrição foliar têm indicado que os nutrientes podem ser usados não apenas para aumentar a produção e qualidade do café, mas também para melhorar o estado nutricional do cafeeiro; seu uso como suplemento de nutrientes especialmente durante os períodos de baixa umidade do solo ou época de alta demanda é viável, principalmente de micronutrientes.

A deficiência de zinco é muito comum no Brasil, Índia, Costa Rica, Colômbia, e em outros países. Entre nós foi constatada no campo pela primeira vez por Franco e Mendes em 1953, citados por BLANCO (1970). Sua correção pelo solo, quando são aplicadas pequenas doses, tem efeito de pequena duração, devido à fixação ou lavagem do zinco no solo (MULLER, 1966). As primeiras observações sobre a absorção de zinco por folhas de cafeeiro foram feitas por ARZOLLA (1955), que verificou que a absorção foliar de zinco chegou a ser 8 vezes mais intensa do que pelas raízes, em solução nutritiva. Em vista disso e de outros trabalhos, THOMAZIELLO *et alii* (1979) recomendaram pulverizações foliares de sulfato de zinco de 0,6% a 1,0% em detrimento da aplicação do elemento do solo.

O conteúdo de zinco em plantas sadias varia de 17 ppm a 45 ppm, enquanto que plantas afetadas pela deficiência apresentam uma concentração ao redor de 9 ppm (RAO, 1978). Em São Paulo, o zinco aparece deficiente em 30% dos cafezais (GALLO *et alii*, 1967; GALLO *et alii*, 1970), sendo seu teor abaixo de 10 ppm. Citam a importância da época de amostragem das folhas face à variação estacional do nutriente nas folhas (LOUË, 1972; SOUZA, 1972; SOUZA *et alii*, 1975; PEREIRA *et alii*, 1976). Os resultados das análises do laboratório de Nutrição Mineral da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, concordam com os dados referentes a zinco, tendo encontrado muitos cafezais com teores de 4 ppm.

O efeito fitotóxico de produtos foi testado por diversos autores; assim ANDRADE *et alii* (1974) encontraram queimaduras leves com aplicação de até 1,6% de sulfato de zinco e queimaduras graves com pulverização a baixo volume (ANDRADE *et alii*, 1974; SILVA & FRANCO, 1976). A tentativa da neutralização das injúrias acima relatadas foi feita por HASHISUME *et alii* (1974), sugerindo cal hidratada a 15 ou 20%, em detrimento da soda.

A aplicação conjunta de uréia 1% e sulfato de zinco 0,75% foi feita em 34 lavouras por PEREIRA *et alii* (1976), com 4 a 6 aplicações de setembro a abril. Os resultados mostraram que o suprimento de nitrogênio foi adequado em todo o período; e o zinco foi eficientemente absorvido, tendo seu teor na folha crescido proporcionalmente ao número de aplicações, ultrapassando 150 ppm, com mais de 4 aplicações. Nesse trabalho, é analisado o comportamento da planta quanto à acumulação dos outros nutrientes.

O objetivo do presente estudo é verificar a eficiência do produto NZN, comparada com a do sulfato de zinco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Jaú (22°30' S, 48°30' W), Estado de São Paulo, em cafeeiros de 8 anos de idade (*Coffea arabica* L. 'Mundo Novo' (B.Rodr.) Choussy), com

sintomas visíveis de deficiência de zinco, no espaçamento de 4,0m x 2,5m, e 4 plantas por cova, em linha. A produção média estimada era de 1.200 kg/ha de café beneficiado.

SETZER (1956) classifica o clima como mesotérmico Cwa sub-tropical úmido, com estiagem no inverno. A temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mais frio, inferior a 18°C. Em relação à média dos últimos 36 anos (1943-1978), a temperatura média mensal esteve normal no período de janeiro de 1977 a julho de 1979, exceção feita a agosto e setembro de 1978, apresentando-se 2°C mais baixa. A precipitação pluviométrica esteve normal, comparando-se com a média do período de 1957-1978. Chamou a atenção o excesso de chuvas em dezembro de 1977, quase nulas em abril, junho, agosto de 1978, excessivas em maio, julho e dezembro de 1978, deficiente em janeiro de 1979 e quase nula em junho de 1979.\*

O solo sob o cafezal é um Latossol Vermelho Amarelo-fase arenosa, ácido, de baixa fertilidade e os resultados de sua análise, realizada pelo Laboratório de Solos, Geologia e Fertilizantes e de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, foram interpretados comparando-os com o estado nutricional do cafeeiro no momento da coleta (novembro de 1977).

O cafezal foi adubado anualmente com 160 g de N, 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 160 g de K<sub>2</sub>O por cova, distribuídos em 4 parcelas iguais em outubro, dezembro, fevereiro e abril.

Na instalação do experimento foi adotado o delineamento de 4 blocos casualizados, com 8 tratamentos. Em cada repetição, os tratamentos eram constituídos de uma linha de café, contendo 5 plantas.

Os tratamentos empregados encontram-se na Tabela 2.

A aplicação de nutrientes foi feita a alto volume, com pulverizador costal. Constituiu-se na aspersão de 0,5l de solução por cova, aplicada na parte aérea da planta. Essa opera

---

\* Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo - Local: Jaú, SP, 22°34'S e 48°34'W.

Tabela 1 - Resultados da análise do solo, coletado até 20 cm de profundidade, em novembro de 1977

pH	C%	Teor trocável em e.mg/100g de TFSA					Teor trocável em ppm						
		$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{H}^+$	S	B $\bar{1}$	Cu $\bar{2}$	Fe $\bar{2}$	Mn $\bar{2}$	Zn $\bar{2}$
4,5	2,0	0,08	0,11	0,50	0,17	0,5	1,5	12	0,3	1,4	237,0	16,7	9,4
Interpretação	ácido	médio	baixo	médio	médio	médio	médio	médio	médio	médio	muito	alto	

1/ Extrator = água quente

2/ Extrator = Melich

Tabela 2 - Tratamentos utilizados para pulverização de cafeeiro. Quantidades de nitrogênio e zinco por planta e concentração de pulverização.

Tratamento	Nutriente g/planta				Concentração de pulveriz. (%)	
	N	Zn	P/V	V/V		
Uréia <u>1/</u>	3	-	1,3	-		
ZnSO <sub>4</sub> <u>1/</u>	-	1	0,5	-		
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	3	1	1,3 + 0,5	-		
Testemunha	-	-	-	-		
NZN 3,75 l/ha <u>2/</u>	0,75	0,25	1	0,75		
NZN 7,50 l/ha	1,50	0,50	2	1,50		
NZN 15,00 l/ha	3,00	1,00	4	3,00		
NZN 30,00 l/ha	6,00	2,00	8	6,00		

1/ Sal pró análise

2/ NZN - fertilizante líquido nitrogênio-zinco, de fórmula 15-0-0-5; densidade = 1,33; Marca registrada da Allied Chemical Corporation; Patente pendente.

ção foi feita sempre no mesmo dia e após a coleta de folhas para análise, realizada em novembro de 1977, março e julho de 1978 e março de 1979.

A coleta de folhas para análise foi feita sempre no período da manhã e estabeleceu-se o 3º e 4º pares de folhas de ramos frutíferos, na altura média do cafeeiro em todas as exposições da planta (LOTT *et alii*, 1956). Todas as plantas foram amostradas e o número de folhas colhidas sempre excedeu a cem. Essa coleta foi realizada em novembro de 1977, para estabelecer o estado nutricional do cafeeiro, março e julho de 1978 e março e julho de 1979.

As folhas, isentas de partículas grosseiras e sem umidade externa, foram acondicionadas em sacos de papel, conservadas à sombra e encaminhadas ao laboratório, onde foram rapidamente com solução lavadas diluída de detergente, solução 0,05 N de HCl e água desmineralizada. Depois de perderem a umidade externa, à temperatura ambiente, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 75°C. Atingido o peso constante, o material foi moído e analisado para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, segundo os métodos descritos em SARRUGE & HAAG (1974).

A produção de café beneficiado foi estimada a partir dos dados de café colhido na roça. Devido à alternância de produção, os dados referentes a 1978 referem-se à grande safra (maior produção) e os de 1979, pequena safra (menor produção).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Produção de café beneficiado em função de ano de colheita e de fontes de níveis de nitrogênio e zinco*

A Tabela 3 apresenta os dados relativos à produção de café beneficiado em função do ano de colheita e tratamento.

Tabela 3 - Produção de café beneficiado (kg/ha) no ano de grande (1978) e pequena (1979) safra, em função de fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 parcelas

Tratamento	Café beneficiado kg/ha		
	1978	1979	média 78/79
Uréia	2.699,9499 cdy <sup>1/</sup>	144,5500 x	1.422,2500 bc
ZnSO <sub>4</sub>	2.414,2000 bcdy	235,6999 x	1.324,9499 bc
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	2.614,1999 cdy	235,6999 x	1.424,9499 bc
Testemunha	2.307,0500 bcy	164,9500 x	1.236,0000 bc
NZN 3,75 l/ha	2.535,6499 bcdy	211,3999 x	1.373,5250 bc
NZN 7,50 l/ha	2.914,2500 dy	227,8500 x	1.571,0500 c
NZN 15,00 l/ha	2.021,4000 by	199,2500 x	1.110,3249 ab
NZN 30,00 l/ha	1.478,5500 ay	157,1499 x	817,8499 a
Tratamento dentro de época			520,3200 368,6687
d.m.s. (Tukey) a 5%			
Época dentro de tratamento			355,4892 -

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b, c, d) ou entre épocas (x, y) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

A análise resumida da variância da produção dos diferentes tratamentos encontra-se na Tabela 4 e mostra efeito de época e tratamento, com interação.

Os tratamentos mostraram diferenças entre os valores da produção de café beneficiado no ano de grande safra (1978) e na média de produção do biênio (78/79). Note-se que os tratamentos Uréia, ZnSO<sub>4</sub>, Uréia + ZnSO<sub>4</sub>, NZN 3,75 l/ha e NZN 15,00 l/ha não diferiram do Testemunha no ano de grande safra. A maior produção, significativa, coube ao tratamento NZN 7,50 l/ha, e a menor, ao NZN 30,00 l/ha. Na produção média do biênio, o único tratamento que diferiu do "Testemunha" foi o "NZN 30,00 l/ha", que mostrou produção menor.

Tabela 4 - Resumo da análise da variância da produção de café beneficiado em função de ano de colheita, fontes e níveis de nitrogênio e zinco

Causa de variação	G.L.	Q.M.	
		1978 e 1979	média 78/79
Blocos	3	92.011,8600	46,005,8438
Tratamento (T)	7	435.225,7050**	217.612,7592**
Res. a	21	48.242,3500	24.121,4137
Parc.	31		
Época (E)	1	75.765.709,5000**	
T x E	7	318.326,4910**	
Res. b	24	59.285,3308	
Total	63		
C.V. % res. a		18,03	12,09
C.V. % res. b		18,95	

\*\* quadrados médios correspondentes aos valores de teste F, significativos a 1%.

Os dados do experimento não permitiram verificar diferenças entre as plantas não pulverizadas e aquelas pulverizadas com Uréia + ZnSO<sub>4</sub> e Uréia ou ZnSO<sub>4</sub> apenas. Mas pôde-se notar a tendência de aumento de produção com a pulverização, no ano de grande safra e na média do biênio.

Diversos autores têm utilizado a média de produção entre anos consecutivos para expressar efeitos de adubação em cultura de café. Assim, HIROCE (1972), em três localidades do Estado de São Paulo, encontrou produções de café beneficiado, variando de 1.222 kg/ha a 1,818 kg/ha. Citou também a produção de 321 kg/ha, no ano de pequena safra. Os valores encontrados na pequena safra (1979) da Tabela 3 são anormalmente baixos, que poderiam ser justificados pela queda incomum de

temperatura em agosto e setembro do ano anterior <sup>1/</sup>, que ocasionou retardamento na vegetação da planta, motivo pelo qual a pulverização de novembro de 1978 não pôde ser feita devido à pequena superfície foliar das plantas. Considerando que as folhas desempenham o mais importante papel na fisiologia das plantas, como sede do fenômeno da fotossíntese, MAGALHÃES (1964) estudou o efeito das reduções da área foliar do café (que pode ser causada por pragas e moléstias, falta de água no solo, deficiência ou excesso de nutrientes, temperaturas extremas do ar, ventos etc.) no desenvolvimento das plantas jovens.

No Kenya, JONES *et alii* (1960) sugeriram a aplicação de uréia nos cafeeiros, no solo ou em pulverização, com idênticos resultados; concluíram que, por analogia com outros ensaios, parece certo que a colheita de café pode aumentar por aplicações de uréia na via foliar. A Tabela 3 mostra que tal aplicação elevou a produção de café, ainda que não significativa, de 2.307,0500 kg/ha para 2.699,9499 kg/ha, no ano de grande safra. GALLO *et alii* (1971), aplicando níveis de uréia no solo, encontraram produção de 2.213,8 kg/ha, como média de 5 anos, que, variaram de 1.604,2 kg/ha até 4.166,7 kg/ha. A aplicação de ZnSO<sub>4</sub> ou de Ureia + ZnSO<sub>4</sub>, mostrou aumentos de café beneficiado de 107,1500 kg/ha e 307,1499 kg/ha, respectivamente, na grande safra, ainda que não significativos.

Saliente-se que a produção do tratamento NZN 15,00 l/ha diferiu do seu equivalente Ureia + ZnSO<sub>4</sub>, tendo este superado aquele no ano de grande safra, em 592,7999 kg/ha.

O comportamento do produto comercial NZN foi verificado com auxílio de análise da regressão. A Tabela 5 mostra as equações cúbicas que foram ajustadas às produções de café beneficiado em função do zinco aplicado.

A resolução da equação para a grande safra evidencia que a produção máxima de café beneficiado seria de 3.009,444 kg/ha, obtida com aplicação de 389,1 g de Zn/ha, ou seja,

---

<sup>1/</sup> Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo - Localidade: Jaú, lat. 22º34'A e long. 48º34'W.

Tabela 5 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da produção (Y = kg de café beneficiado/ha) colhida em 1978 (grande safra) e 1979 (pequena safra) em função do logaritmo da dose de Zn aplicada ( $X = g Zn/ha$ , na forma de NZN)

Época	Equações	$R^2$ %
grande safra	$Y = -240839,3283 + 255281,3377 + -88136,1029X^2 + 10008,9497X^3$	100,0
pequena safra	não significativa	
média do biênio	$Y = -123083,6628 + 130427,1536X - -44981,9398X^2 + 5101,8513X^3$	100,0

5,84 l de NZN/ha. A equação para a média do biênio mostra que a máxima produção se daria também com aplicação de 5,84 l NZN/ha, correspondendo a uma produção de 1.619,171 kg de café beneficiado por hectare. Em ambos os casos (grande safra e média), se considerarmos a diferença mínima significativa da Tabela 3, essas produções máximas diferiram do tratamento Testemunha e na grande safra, também do tratamento  $ZnSO_4$ .

*Concentração de nutrientes na matéria seca em função da época de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco*

As análises da variância dos dados relativos às concentrações de macronutrientes nos 3º e 4º pares de folhas são apresentadas de forma resumida na Tabela 6, e as dos micronutrientes, na Tabela 7. O estudo da Tabela 6 mostra efeitos de época de amostragem nas concentrações de todos os macronutrientes, bem como de época e tratamento, com interação para as concentrações de nitrogênio e cálcio. A Tabela 7 apresenta efeitos de épocas e tratamentos com interação, para todos os micronutrientes estudados.

### Nitrogênio

Percebe-se pela Tabela 8, que houve diferença entre tratamentos nas concentrações de nitrogênio de folhas colhidas em março de 1978, ano da grande safra, quando a concentração nas plantas pulverizadas com  $ZnSO_4$  foi menor que nas plantas pulverizadas com 3,75 l, 15,00 l e NZN por hectare e 30,00 l de NZN.

O tratamento Uréia +  $ZnSO_4$  não diferiu do seu equivalente em nitrogênio e zinco na forma de NZN, (NZN 15,00 l/ha) e quanto ao teor de nitrogênio, em nenhuma das épocas estudadas.

A adubação nitrogenada no solo pareceu satisfazer as necessidades da cultura em nitrogênio, exceção feita ao ano de grande safra, onde o teor daquele elemento situou-se em nível abaixo do crítico, nas plantas não pulverizadas. MALAVOLTA *et alii* (1974) sugerem teores de 2,6% a 3% de N nos 3º e/ou 4º pares de folhas, como sendo adequados à cultura e LOTT *et alii* (1961), 3,0%.

Tabela 6 - Resumo das análises de variância de variância das concentrações de macronutrientes na matéria seca das folhas de caféiro, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco

Causa de variação	G.L.	Q.M.					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	0,0574	0,4416.10 <sup>-3</sup>	0,5568**	0,0074	0,0078	0,3301.10 <sup>-3</sup>
Tratamento (T)	7	0,1376*	0,7871.10 <sup>-3</sup> **	0,2017	0,0234	0,0074	0,7829.10 <sup>-3</sup>
Res. a	21	0,0503	0,0211.10 <sup>-2</sup>	0,0917	0,0100	0,0036	0,2039.10 <sup>-2</sup>
Parc.	31						
Época (E)	4	1,9406**	0,9736.10 <sup>-2</sup> **	7,1922**	2,8659**	0,3659**	0,2130**
T x E	28	0,1703**	0,3990.10 <sup>-3</sup>	0,0446	0,0112**	0,0024	0,2374.10 <sup>-2</sup>
Res. b	96	0,0775	0,0264.10 <sup>-2</sup>	0,0296	0,0050	0,0015	0,1918.10 <sup>-2</sup>
Total	159						
C.V. % res. a		7,96	14,64	17,51	11,96	16,02	26,92
C.V. % res. b		9,15	16,40	9,94	8,48	10,44	26,11

\* e \*\* = quadrados médios correspondentes aos valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 7 - Resumo dos análises de variância de concentração das concentrações de micronutrientes na matéria seca das folhas do café em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco

Causa de variação	G.L.	Q.M.				
		B	Cu	Fe	Zn	
Blocos	3	47,3752	10,2062	616,1413	13.399,3958	5,1750
Tratamento(T)	7	662,1535**	33,5848**	2.078,1105*	12.761,2567	3.829,9250**
Res. a	21	84,4272	8,0777	672,9984	7.551,5804	61,7512
Parc.	31					
Época (E)	4	11.959,0219**	532,3500**	136.703,9800**	670.133,9800**	17.304,6312**
T x E	28	281,0576**	12,1964	1.168,3139**	9.465,7896**	2.063,2777**
Res. b	96	64,0198	7,4323	432,7772	2.758,4466	63,9344
Total	159					
C.V. % res. a		12,72	18,72	21,33	22,80	32,03
C.V. res. b		11,08	17,96	17,10	13,78	32,59

\* e \*\* = quadrados médios correspondentes aos valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 8 - Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de café em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar. 78	jul. 78	mar. 79	jul. 79
Uréia	3,10	2,65 ab	2,65	3,11	2,87
ZnSO <sub>4</sub>	3,07 y <sup>1/</sup>	2,17 ax	2,75 y	3,12 y	2,89 y
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	3,18 y	2,63 abx	2,65 x	2,90 xy	2,77 xy
Testemunha	3,07	2,64 ab	2,64	2,91	2,89
NZN 3,75 l/ha	3,10	2,79	2,70	2,85	3,00
NZN 7m50 l/ha	3,15	2,69 abxy	2,61 x	2,86 xy	2,75 xy
NZN 15,00 l/ha	3,04 y	2,86 bxy	2,48 x	3,10 y	2,88 xy
NZN 30,00 l/ha	3,16 y	2,91 x	2,40 x	2,94 y	2,79 xy

d.m.d. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 0,55

Época dentro de tratamento = 0,51

<sup>1</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre épocas (x, y) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

ACCORSI & HAAG (1959) verificaram que, durante o período de desenvolvimento do fruto, o nitrogênio é drenado das folhas e se acumula nos grãos; os resultados mostrados na Tabela 8 parecem mostrar, de maneira geral, tal tendência, principalmente no período da grande safra (novembro de 1977 - floração, até julho de 1978 - colheita). Fato idêntico também foi mostrado por MEDCALF *et alii* (1955).

A absorção foliar de uréia é rápida: 50% do produto aplicado é absorvido de 1 a 6 horas (WITTWER & TEUBNER, 1959), 95% em 9 horas (CAMARGO & SILVA, 1975) e a concentração nas folhas aumenta de 2,47% a 3,42% em 15 dias, quando uma planta é pulverizada com 2 litros de solução de uréia a 2,5% (MALAVOLTA *et alii*, 1957). Apesar de ter havido a pulverização,

os teores da Tabela 8 em geral tendem a decrescer, talvez pelo espaço de tempo demasiadamente longo entre a pulverização e a coleta para análise, o qual permitiria uma diluição do nutriente nos tecidos em crescimento, ocasionando a queda na concentração (novembro a março, março a julho).

Existe uma dependência entre os 4 tratamentos com NZN; a análise de variância refletindo esta dependência, pelo método dos polinômios ortogonais, não mostrou regressão que se ajustasse aos teores de nitrogênio em função do logaritmo de dose de zinco aplicado, na forma de NZN, em nenhuma das cinco épocas. Isto pode ser explicado pelo tempo decorrido entre a aplicação do nutriente e a análise das folhas, 4 meses, que seria suficiente para a absorção do nitrogênio e diluição na planta, pelo crescimento vegetativo e exportação pela produção.

#### Fósforo

A Tabela 9 mostra que houve diferença entre tratamentos apenas em julho de 1979, ano de pequena safra: plantas pulverizadas com  $ZnSO_4$  apresentaram maior concentração de fósforo que as não pulverizadas. A literatura é omissa quanto a este fato, existindo porém muitas citações mostrando o decréscimo na concentração de Zn em plantas adubadas com fósforo - (THORNE, 1957; STUCKENHOLTS *et alii*, 1966).

Altos níveis de zinco no meio nutritivo diminuem a absorção de fósforo (ADRIANO *et alii*, 1971), e a aplicação em zonas separadas não reduz o antagonismo (SOLTANPOUR, 1969).

A exemplo dos resultados apresentados por RIVAS VASQUEZ (1969), a aplicação foliar de uréia não exerceu efeito na absorção de fósforo, porém não está de acordo com os achados por GRECHUKHINA e TIMOFEEVA (1961) que verificaram incrementos na absorção do fósforo pelas raízes de plantas pulverizadas com nitrogênio.

A adubação fosfatada de solo pareceu não satisfazer plenamente as necessidades da cultura; geralmente os teores de fósforo estiveram abaixo dos adequados (segundo os níveis propostos por MALAVOLTA *et alii* (1974) - 0,11 a 0,15% de P) na

Tabela 9 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições.

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar. 78	jul. 78	mar. 79	jul. 79
Uréia	0,10 xy	0,08 x	0,09 x	0,13 z	0,12abzy
ZnSO <sub>4</sub>	0,11 xy	0,09 x	0,09 x	0,12 zy	0,14 bz
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	0,11 zy	0,08 x	0,09 xy	0,11 zy	0,12 abz
Testemunha	0,09 xy	0,08 x	0,09 xy	0,11 y	0,10 axy
NZN 3,75 l/ha	0,10 xy	0,08 x	0,08 x	0,11 y	0,11 aby
NZN 7,50 l/ha	0,10 zy	0,06 x	0,08 xy	0,11 zw	0,13 abw
NZN 15,00 l/ha	0,09 xy	0,08 x	0,08 x	0,10 xy	0,11 aby
NZN 30,00 l/ha	0,08 xy	0,06 x	0,10 zy	0,10 zy	0,12 abz

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 0,04

Época dentro de tratamento = 0,03

1/ Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre épocas (x, y, z, w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

floração (novembro de 77) e frutificação (março de 78 - julho de 78) da grande safra. Este fato concorda com as observações de MEDCALF *et alii* (1955), Louê (1957) e Spinosa (1960), cf. MALAVOLTA *et alii* (1974) e de Peterbúrghiski (1967), cf. GARMARGO & SILVA (1975): do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo transloca-se das folhas adjacentes para os frutos em crescimento (CARVAJAL, 1972).

Nos tratamentos Uréia + ZnSO<sub>4</sub> e NZN 7,50 l/ha observou-se decréscimo na concentração de fósforo de novembro de 77 para março de 78. Tal efeito também foi verificado por SOUZÁ (1972) em cafezal de 15 anos, em Viçosa, M.G.. Os teores de-

crecem naquele período, de 0,14 para 0,12%, em plantas que não receberam pulverização.

Aquelas observações concordam, em parte, com as de WIDOWSON (1966), em milho, segundo as quais a concentração de fósforo em plantas deficientes em zinco são maiores do que naquelas que sofreram correção da deficiência.

No fim do verão (março 78 e 79) as concentrações de fósforo pareceram correlacionar-se negativamente com as produções do ano, ao contrário do encontrado por HIROCE (1972), em Mococa, SP.

Confrontando-se as maiores produções do ano de pequenas safras, ainda que não significativas (Tabela 3) com as concentrações de julho 79 (pequena safra, Tabela 9), verifica-se que as últimas são sempre maiores que 0,12% de fósforo.

Observe-se ainda que as concentrações de fósforo aumentam sempre nas plantas pulverizadas (exceção feita à dose tóxica de NZN 30 l/ha) no período de julho de 1978 a julho de 1979 (Tabela 9).

A Tabela 10 evidencia o comportamento da planta na concentração do fósforo quando pulverizada com NZN. A dependência aparece apenas em março 78 (grande safra). A resolução da equação nos dá a concentração de fósforo em função do zinco aplicado e tais valores encontram-se na Tabela 9. A concentração máxima de fósforo nessa época apareceria com a aplicação de 17,625 l de NZN/ha, e seria de 0,09%. Como tal dose iria condicionar uma produção de 1.803,78 kg/ha de café beneficiado, segundo a equação para a grande safra da Tabela 5, parece inviável tentar-se aumentar a concentração de fósforo por este processo. Saliente-se que nesta dosagem de NZN apareceram efeitos tóxicos indesejáveis na folhagem das plantas e a produção foi menor do que as obtidas com doses menores de NZN.

### Potássio

O exame da Tabela 11 mostra efeito de tratamentos na concentração de potássio apenas em março de 1979 (pequena sa-

Tabela 10 - Equação de regressão e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do teor de fósforo ( $P\% = Y$ ) nas folhas de cafeeiro em função do logaritmo da dose de Zn aplicada ( $X = g$  de Zn/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem	Equação	$R^2\%$
março 78	$Y = 11,28500057 - 11,95555618X + 4,22222245X^2 - 0,49382719X^3$	100

fra): o tratamento NZN 15,00 l/ha apresentou a menor concentração de potássio e não diferiu do seu equivalente Uréia +  $ZnSO_4$  e nem do  $ZnSO_4$ . Nas outras épocas não houve diferença entre os tratamentos.

Não foi observado que plantas deficientes em zinco (Tesemunha) acumulem potássio e nem que a pulverização com zinco reduza o teor daquele elemento nas folhas, mediante diluição pelo crescimento da planta (WIDDOWSON, 1966).

A aplicação de uréia não alterou a concentração de potássio; tal observação encontra apoio em RIVAS VASQUEZ (1969) que também pulverizou uréia em cafeeiros jovens.

O potássio apresentou marcada variação sazonal em sua concentração nas folhas; assim, os teores caem de novembro a julho, no ano de grande safra, e de março a julho, no ano de pequena safra. Tal queda não pode ser explicada pela exportação do nutriente pelos frutos, pois os teores de potássio das folhas logo após a colheita se equivalem, em anos de grande e pequena safra (julho 78 e julho 79). A queda no teor de potássio a partir da época de floração também foi verificada por HIROCE (1972), SOUZA *et alii* (1975) e RAO & IYENGAR (1975).

É digno de observação o fato de que praticamente, não houve diferenças nas concentrações de potássio em novembro de

ano de grande safra e março de pequena safra, a não ser em plantas pulverizadas com 15 l de NZN por ha.

Tabela 11 - Concentração de potássio (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar. 78	jul.78	mar.79	jul.79
Uréia	2,30 z <sup>1/</sup>	1,49 y	1,13 x	2,36 bz	1,31 xy
ZnSO <sub>4</sub>	2,16 y	1,34 x	1,22 x	2,16 aby	1,02 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	2,20 y	1,58 x	1,30 x	2,12 aby	1,30 x
Testemunha	2,41 y	1,62 x	1,36 x	2,36 by	1,33 x
NZN 3,75 l/ha	2,37 y	1,64 x	1,42 x	2,26 by	1,45 x
NZN 7,50 l/ha	2,28 y	1,67 x	1,55 x	2,28 by	1,44 x
NZN 15,00 l/ha	2,20 w	1,61 zy	1,28 xy	1,80 az	1,10 x
NZN 30,00 l/ha	2,22 z	1,61 y	1,48 xy	2,28 bz	1,20 x

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro da época = 0,45

Época dentro do tratamento = 0,34

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre épocas (x, y, z, w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

Note-se pelas Tabelas 12 e 13 que a aplicação de doses crescentes de NZN interfere no acúmulo de potássio nas folhas no ano de pequena safra. Assim, o comportamento da concentração é cúbico em março e linear descendente em julho, em função do logaritmo da dose de NZN. Em março, o teor máximo encontrado seria 2,42%, com aplicação de 5,20 l de NZN por hectare. Em julho, os teores decrescem de 1,46% a 1,13%.

Não foi verificado correspondência entre níveis de potássio e produção, entre os tratamentos. No entanto, tal fato foi comprovado por MEDCALF *et alii* (1955) e ARRUDA *et alii* (1965), que encontraram altas correlações positivas. A discordar, apenas o fato de que as concentrações de potássio em março do ano de grande safra é menor do que a de março do ano de pequena safra.

Cooil *et alii* (1948), cf. WELLAN, 1961) sugeriram dependência entre produção e teor de potássio estocado nas folhas no ano anterior.

No fim do verão (março de 78 e 79) os teores de potássio pareceram correlacionar-se negativamente com as produções do ano, contrariamente ao observado por HIROCE (1972), em Mococa, SP, para a mesma época.

Tabela 12 - Equações de regressão e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do teor de potássio ( $K\% = Y$ ) nas folhas de cafeeiro em função do logaritmo da dose de Zn aplicado ( $X = g$  de  $X_n/ha$ , na forma de NZN)

Época de amostragem	Equação	$R^2$ %
março 79	$Y = -191,10248270 + 210,52220330x - 75,7777111x^2 + 9,01234490x^3$	100,0
julho 79	$Y = 2,31574995 - 0,35749998 x$	

### Cálcio

Houve diferenças entre os tratamentos em julho de 1978 e 1979 conforme se vê na Tabela 14; o teor de cálcio do NZN 15,00 l/ha foi menor que o seu equivalente em nitrogênio e zinco, Uréia +  $ZnSO_4$ , na pequena safra; na grande safra, o teor no NZN 30,00 l/ha (com toxidez) foi menor que os dos outros tratamentos não pulverizados com NZN e NZN 3,75 l/ha; a con-

Tabela 13 - Teores estimados de potássio (%) em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	mar. 79	jul. 79
NZN 3,75 l/ha	2,26	1,46
NZN 7,50 l/ha	2,28	1,35
NZN 15,00 l/ha	1,80	1,24
NZN 30,00 l/ha	2,28	1,13

centração das folhas de planta pulverizada apenas com uréia foi maior que a do tratamento NZN 7,50 l/ha.

Os dados da Tabela 14 (março e julho) parecem ter correlação com os da Tabela 3 (produção 1978 e 1979). Também HIROCE (1972) verificou correlação positiva em alguns locais do Estado de São Paulo para concentrações de cálcio em folhas colhidas no verão (janeiro-fevereiro) e outono (abril-maio).

A aplicação de uréia somente ou combinada não exerceu efeito na concentração de cálcio nas folhas. RIVAS VÁSQUEZ (1969) já havia verificado que aquele produto não interferia na absorção do elemento.

Os teores de cálcio, independentemente dos tratamentos, cresceram de novembro a março e aí se estabilizaram, até julho, no ano de grande safra. Essa observação concorda com SOUZA *et alii* (1975) e PEREIRA *et alii* (1976). No entanto, na pequena safra, os teores decresceram de março a julho, exceção feita aos tratamentos Uréia e Uréia + ZnSO<sub>4</sub>.

A Tabela 14 ainda mostra que os teores de cálcio são sempre maiores em março e julho, no ano de grande safra.

Verifica-se pelas Tabelas 15 e 16 que apenas em julho de 1978 houve efeito do NZN na concentração de cálcio. O comportamento, linear descendente em função do logaritmo da dose de Zn aplicada, mostrou variação de 1,16% até 0,99% de cálcio.

Tabela 14 - Concentração de cálcio (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas do cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov.77	mar.78	jul.78	mar. 79	jul.79
Uréia	0,87 y <sup>1/</sup>	1,20 z	1,23 cz	0,60 x	0,49 abx
ZnSO <sub>4</sub>	0,85 z	1,20 w	1,19 bcw	0,60 y	0,41 abx
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	0,83 y	1,16 z	1,21 bcz	0,64 x	0,55 bx
Testemunha	0,82 z	1,10 w	1,17 bcw	0,64 y	0,44 abx
NZN 3,75 l/ha	0,80 z	1,11 w	1,17 bcw	0,66 y	0,44 abx
NZN 7,50 l/ha	0,79 y	1,10 z	1,06 abz	0,70 y	0,48 abx
NZN 15,00 l/ha	0,78 y	1,10 z	1,08 abcz	0,71 y	0,38 ax
NZN 30,00 l/ha	0,76 y	1,04 z	0,98 az	0,70 y	0,39 abx

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 0,17

Época dentro de tratamento = 0,14

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre épocas (x, y, z, w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15 - Equação de regressão e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do teor de cálcio (Ca% = Y) nas folhas de cafeeiro em função do logarímo da dose de Zn aplicada (X = g de Zn/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem)	Equação	R <sup>2</sup> %
julho de 78	$Y = 1,61174996 - 0,18833332x$	83,1

Tabela 16 - Teores estimados de cálcio, em julho de 1978, em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	Ca%
NZN 3,75 l/ha	1,16
NZN 7,50 l/ha	1,10
NZN 15,00 l/ha	1,05
NZN 30,00 l/ha	0,99

Tabela 17 - Concentração de magnésio (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas do cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar.78	jul.78	mar.79	jul.79
Uréia	0,39 y <sup>1/</sup>	0,53 z	0,41 aby	0,44 y	0,25 x
ZnSO <sub>4</sub>	0,32 y	0,53 w	0,40 abz	0,43 z	0,19 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	0,32 y	0,50 w	0,42 bz	0,42 z	0,24 x
Testemunha	0,34 y	0,48 w	0,39 aby	0,44 zw	0,25 x
NZN 3,75 l/ha	0,34 y	0,45 w	0,36 aby	0,43 zw	0,20 x
NZN 7,50 l/ha	0,32 y	0,46 z	0,36 aby	0,44 z	0,24 x
NZN 15,00 l/ha	0,33 y	0,53 z	0,39 aby	0,50 z	0,20 x
NZN 30,00 l/ha	0,30 y	0,49 z	0,32 ay	0,42 z	0,18 x

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 0,10

Época dentro de tratamento = 0,08

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a,b) ou entre épocas (x,y,z,w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

## Magnésio

Pela Tabela 17 observa-se que não houve alteração nas concentrações de magnésio com a fertilização foliar do cafeeiro, exceto na dose tóxica de NZN (30 l/ha), onde foi menor que as tratadas com uréia mais zinco.

A observação de que a aplicação foliar de uréia somente ou combinada não interfere na acumulação de magnésio encontra apoio em RIVAS VÁSQUEZ (1969), em seu trabalho de absorção.

Após o florescimento, os teores de magnésio cresceram em todos os tratamentos, caindo a seguir, até julho, na grande e pequena safra. SOUZA *et alii* (1975) encontraram teores de magnésio crescendo nas folhas, de outubro até abril. Os teores nas plantas pulverizadas com uréia, zinco e uréia + zinco foram maiores na grande safra considerando-se os meses de março e julho.

Os teores de magnésio sempre estiveram acima do nível considerado adequado por HAAG & MALAVOLTA (1960), que é de 0,25% em alguns tratamentos em julho, na pequena safra.

O exame dos teores em março de 1978 e 1979 da Tabela 17 parecem não correlacionarem-se com as produções de 1978 e 1979. HIROCE (1972) chegou à mesma conclusão para diversos locais de São Paulo.

As Tabelas 18 e 19 mostram o efeito quadrático da aplicação de NZN na concentração de magnésio, em função do logaritmo da dose de zinco aplicada, em março na pequena safra. A resolução da equação apresenta uma concentração máxima de 0,48 de magnésio, que seria obtida com pulverização de 11,4 l de NZN. Como tal dose está muito acima daquela para a produção máxima, (5,84 l de NZN/ha), pode-se afirmar que o procedimento para se aumentar o nível de magnésio nas folhas de café não é a pulverização com NZN.

## Enxofre

Os teores de enxofre encontram-se na Tabela 20. Verifi-

Tabela 18 - Equação de regressão e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do teor de magnésio ( $Mg\% = Y$ ) nas folhas de cafeeiro em função do logaritmo da dose de Zn aplicada ( $X = g$  de Zn/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem	Equação	$R^2$ %
mar. 79	$Y = -1,60600000 + 1,44333334x - 0,25000000x^2$	54,6

Tabela 19 - Teores estimados de magnésio, em março de 1979, em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	Mg %
NZN 3,75 l/ha	0,42
NZN 7,50 l/ha	0,47
NZN 15,00 l/ha	0,47
NZN 30,00 l/ha	0,43

ca-se que todos os tratamentos não diferiram do Testemunha e quanto à concentração de enxofre, em nenhuma época. Apenas observou-se que o tratamento NZN 3,75 l/ha acumulou mais enxofre que o  $ZnSO_4$ , em março da pequena safra.

Segundo HAAG & MALAVOLTA (1960), o teor adequado de enxofre nas folhas é de 0,25% e numa escala mais ampla, de 0,11% a 0,25% (MALAVOLTA *et alii*, 1974). Os valores da Tabela 20 estão dentro do considerado adequado, exceção feita àqueles em março do ano de grande safra.

É de se notar que os teores em março da pequena safra são sempre iguais ou maiores que os de novembro e março da grande safra; e que os teores caem de novembro a março e de-

Tabela 20 - Concentração de enxofre (%) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	mar.77	mar. 78	jul.78	mar.79	jul.79
Uréia	0,26 y <sup>1/</sup>	0,08 x	0,12	0,26 aby	0,14 x
ZnSO <sub>4</sub>	0,26 z	0,08 x	0,11 xy	0,19 azy	0,18 yz
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	0,22 z	0,06 x	0,13 xy	0,28 abw	0,19 yz
Testemunha	0,19 yz	0,04 x	0,11 xy	0,26 abz	0,18 yz
NZN 3,75 l/ha	0,22 z	0,06 x	0,10 xy	0,31 bw	0,17 yz
NZN 7,50 l/ha	0,22 z	0,06 x	0,11 xy	0,24 abz	0,19 yz
NZN 15,00 l/ha	0,24 yz	0,04 x	0,10 x	0,28 abz	0,19 y
NZN 30,00 l/ha	0,26 w	0,04 x	0,13 y	0,25 abzw	0,17 zy

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 0,10

Época dentro de tratamento = 0,09

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre épocas (x, z, y, w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

pois estabilizando-se até julho, na grande safra. HIROCE (1972) encontrou teor médio de 0,20%, no verão (janeiro - fevereiro) de pequena e média safra, em São Paulo, bem próximo de 0,25%, média de março de 1979, deste experimento.

CROCOMO & MENARD (1961) verificaram que dois dias após pincelarem o terceiro par de folhas de cafeeiro com sulfato e potássio marcado, todo o enxofre tinha sido absorvido e translocado, principalmente para as partes jovens. Todavia, apesar da pulverização com sulfato em diversos tratamentos, a Tabela 20 não mostra esse efeito. Isto poderia ser explicado talvez pelo fato de o enxofre absorvido ter sido diluído com o cres-

cimento da planta, devido ao espaço de tempo decorrido entre a pulverização e a coleta (4 meses).

Foi observado, a exemplo de RIVAS VÁSQUEZ (1969) que a pulverização com uréia não influencia a absorção e consequente acumulação de enxofre pelo cafeeiro.

#### Boro

Verifica-se pela Tabela 21 que as únicas diferenças entre tratamentos ocorreram em março e julho do ano de grande safra. Em março, os teores de boro das plantas pulverizadas com 7,5 l de NZN ou mais sempre foram maiores que os das plantas não pulverizadas com o produto; em julho, a aplicação de sulfato de zinco inibiu a acumulação de boro, em relação à testemunha, e a aplicação de uréia + zinco causou aumento em relação aos tratamentos uréia,  $ZnSO_4$  e NZN 3,75 l/ha.

Em todos os tratamentos e épocas, o teor de boro sempre obteve acima do nível limiar proposto por GALDO *et alii* (1967) e MALAVOITA *et alii* (1974), que é de 40 ppm.

O teor de boro cresceu de novembro a março e depois apresentou a tendência de diminuir, em julho da grande safra; na pequena safra, os teores permaneceram inalterados, em março e julho. GALLO *et alii* (1967) encontraram em levantamento, geral no Estado de São Paulo, teores maiores em setembro-outubro. Na África Ocidental, LOUÉ (1957) encontrou para a variedade robusta teores crescentes da floração até colheita, caindo posteriormente até a floração seguinte.

A aplicação de NZN interferiu na concentração de boro no cafeeiro. Em março e julho da grande safra os mesmos apresentaram níveis crescentes de boro com aplicação do produto. (Tabelas 22 e 23).

A concentração máxima de boro em março de 1978 é 124 ppm e ocorreria com a aplicação de 17,2 l de NZN por hectare. No entanto, convém lembrar que a produção de café beneficiado diminui a partir da aplicação de 5,84 l de NZN, que corresponde a um teor de 113 ppm de boro. Em julho de 1978, o teor cresce sempre, de 76 a 88 ppm; na produção máxima de café, o teor calculado foi de 78 ppm.

Tabela 21 - Concentração de boro (ppm) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Épocas de amostragem				
	nov.77	mar.78	jul.78	mar.79	jul. 79
Uréia	56 x <sup>1/</sup>	87 ay	66 abx	53 x	57 x
ZnSO <sub>4</sub>	65 y	89 az	61 axy	61 xy	49 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	58 x	85 ay	93 dy	66 x	62 x
Testemunha	56 x	101 az	82 bcdy	61 x	64 x
NZN 3,75 l/ha	66 xy	102 abz	74 abcy	59 xy	52 x
NZN 7,50 l/ha	59 x	119 bcz	82 bcdy	64 x	55 x
NZN 15,00 l/ha	69 x	123 cz	87 cdy	62 x	55 x
NZN 30,00 l/ha	61 x	122 cz	86 cdy	66 x	58 x

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 18

Época dentro de tratamento = 16

- Letras não comuns entre tratamentos (a, b, c, d) ou entre épocas (x, y, z) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 22 - Equações de regressão e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) do teor de boro (B ppm = Y) nas folhas de cafeeiro em função do logaritmo da dose de Zn aplicada (X = g de Nz/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem	Equação	R <sup>2</sup> %
março de 78	Y = -333,80000800 + 298,41667100x - 48,6111168x <sup>2</sup>	98,9
julho de 78	Y = 43,52499715 + 13,50000100x	81,3

Tabela 23 - Teores estimados de boro (ppm) em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	mar.78	jul.78
NZN 3,75 l/ha	102	76
NZN 7,50 l/ha	118	80
NZN 15,00 l/ha	124	84
NZN 30,00 l/ha	122	88

### Cobre

A análise da Tabela 24 evidencia diferenças na acumulação de cobre, entre tratamentos na grande safra e entre épocas dentro de tratamentos. Assim, em março, o teor de cobre de plantas pulverizadas apenas com uréia foi maior que todos os tratamentos, exceção feita à dose menor de NZN; em julho, o tratamento Uréia também foi maior, só não diferindo dos tratamentos Uréia + ZnSO<sub>4</sub> e Testemunha.

Millikan (1953), citado por OLSEN (1972) encontrou altos teores de cobre em alfafa e trevo subterrâneo deficientes em zinco. A Tabela 24 mostra esta tendência no ano de grande safra apenas nas plantas pulverizadas com uréia e nas não pulverizadas, de novembro de 77. O tratamento Testemunha estranhamente não mostrou o efeito, apesar de suas plantas apresentarem, como nas do Uréia, deficiência visível de zinco.

As plantas sempre estiveram com nível acima do adequado proposto por Menard (1956), citado por MALAVOLTA *et alii* (1974): 10 ppm; o nível limiar proposto por GALLO *et alii* (1967) é de 4 ppm. No levantamento de HIROCE (1972) feito no verão, em São Paulo, os teores variaram de 9 a 13 ppm.

### Ferro

Os teores de ferro em função da aplicação de fontes e ní

Tabela 24 - Concentração de cobre (ppm) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Épocas de amostragem				
	nov.77	mar.78	jul.78	mar. 79	jul.79
Uréia	22 y	18 by	20 cy	18 y	11 x
ZnSO <sub>4</sub>	22 w	12 axy	14 abyz	18 zw	9 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	19 yz	12 ax	15 abcxy	20 z	12 x
Testemunha	20 y	10 ax	18 bcy	18 y	11 x
NZN 3,75 l/ha	18 zy	13 abx	14 abxy	19 z	10 x
NZN 7,50 l/ha	20 y	12 ax	12 ax	18 y	11 x
NZN 15,00 l/ha	20 y	10 ax	11 ax	17 y	9 x
NZN 30,00 l/ha	21 y	12 ax	13 abx	18 y	10 x

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 6

Época dentro de tratamento = 5

1/ Letras não comuns entre tratamentos (a, b, c) ou entre épocas (x, y, z) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

veis de nitrogênio e zinco encontram-se na Tabela 25. Não houve efeito no acúmulo do elemento com a fertilização foliar. Observaram-se diferenças entre as épocas: com exceção do tratamento uréia, no ano de grande safra os teores permaneceram constantes de novembro a março, para depois crescerem em julho; na pequena safra, os teores permaneceram baixos em março e julho. Em julho da grande safra, os teores de ferro são mais altos que nas outras épocas estudadas. SOUZA *et alii* (1975), em Viçosa, MG, não encontraram variação, de outubro a abril.

O teor de ferro algumas vezes esteve próximo ao nível limiar citado por GALLO *et alii* (1967), principalmente no ano

Tabela 25 - Concentração de ferro (ppm) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Épocas de amostragem				
	nov.77	mar.78	jul.78	mar.79	jul.79
Uréia	176 cz	124 y	220 z	66 x	96 xy
ZnSO <sub>4</sub>	97 abx	104 x	234 y	65 x	64 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	122 abcx	99 x	257 y	86 x	82 x
Testemunha	134 bcy	109 xy	245 z	73 x	79 x
NZN 3,75 l/ha	96 abx	106 x	256 y	82 x	75 x
NZN 7,50 l/ha	142 bcy	99 xy	214 z	80 x	84 x
NZN 15,00 l/ha	97 abx	98 x	240 y	78 x	65 x
NZN 30,00 l/ha	75 ax	86 x	209 y	74 x	77 x

Tratamento dentro de época = 56

d.m.s. (Tukey) a 5%

Época dentro de tratamento = 49

1/ Letras não comuns entre tratamentos (a, b, c) ou entre épocas (x, y, z) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

de pequena safra. Esse nível, de 70 ppm ainda não está bem estabelecido na literatura.

.Em março de 78 os teores estiveram concordantes com os encontrados por HIROCE (1972), na mesma época, estando entre 103 e 127 ppm.

Na literatura encontram-se casos de diminuição do teor de Fe na planta com a aplicação de Zn no solo (Rosell & Ulrich, 1964; Jackson *et alii*, 1967; Ambler & Brown, 1969, citados por OLSEN, 1972; GRANGWAR & MANN, 1972); de plantas deficientes em zinco que apresentaram altos níveis de Fe em milho e cujos teores caíram com aplicação de Zn (Jackson *et alii*

1967; Warnock, 1970, citados por OLSEN, 1972); de milho que pode apresentar clorose férrica em virtude da aplica  o de Zn (Brown e Tiffin, 1962, citado por OLSEN (1972). Todavia, esses fatos apenas em julho da grande safra a aplica  o de NZN mostrou efeito na acumula  o de ferro (Tabelas 25 e 26). Verifica-se que o teor máximo, de 242 ppm, seria obtido com aplica  o de 17,6 l de NZN. Essa curva de 3   grau    praticamente, simétrica    da produ  o na grande safra. Inclusive,    maior corresponderia p teor de 214 ppm de Fe, próximo do mínimo ... (213 ppm), que seria obtido com pulveriza  o de 6,7 l de NZN por ha.

Tabela 26 - Equa  o de regressão e coeficiente de determina  o ( $R^2$ ) do teor de ferro (Fe ppm = Y) nas folhas de cafeeiro em fun  o do logarítmo da dose de Zn aplicada (X = g de Zn/ha, na forma de NZN)

��poca de amostragem	Equa��o	$R^2$ %
julho de 78	$Y = 17.911,001840 - 18.730,696420x + 6.576,389591x^2 - 765,432182x^3$	100,0

### Manganês

Pela Tabela 27 observa-se que para as concentra  es de manganês houve diferenças apenas no ano de grande safra: em março, o teor nas plantas pulverizadas com uréia, sulfato de zinco e NZN 7,50 l/ha foi menor que nas pulveriza  es com uréia mais sulfato de zinco, NZN 3,75 l/ha e NZN 30,00 l/ha; em julho, o teor nas plantas pulverizadas com NZN 3,75 l/ha foi menor que nas pulverizadas com uréia, sulfato de zinco e uréia + sulfato de zinco.

Ainda na grande safra, os teores permaneceram constantes de novembro a março para depois aumentarem em julho, nos

Tabela 27 - Concentração de manganês (ppm) na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de café em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar. 78	jul. 78	mar.79	jul.79
Uréia	410 abyz <sup>1/</sup>	426 az	558 bw	308 y	201 x
ZnSO <sub>4</sub>	448 abz	392 ayz	558 bw	306 y	148 x
Uréia + ZnSO <sub>4</sub>	371 aby	593 bz	601 bz	338 y	200 x
Testemunha	337 ay	505 abz	538 abz	298 y	158 x
NZN 3,75 l/ha	355 aby	562 bz	420 ay	336 y	165 x
NZN 7,50 l/ha	362 abyz	439 azw	470 abw	301 y	151 x
NZN 15,00 l/ha	431 abyz	502 abz	502 abz	340 y	149 x
NZN 30,00 l/ha					

d.m.s. (Tukey) a 5% Tratamento dentro de época = 134

Época dentro de tratamento = 104

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b) ou entre época (x, y, z, w) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

tratamentos Uréia, ZnSO<sub>4</sub> e NZN 7,50 l/ha; cresceram de novembro a março e aí se estabilizaram, até julho nos Uréia + ZnSO<sub>4</sub> e Testemunha; permaneceram constantes de novembro a julho nos NZN 15,00 l/ha e NZN 30,00 l/ha; e cresceram de novembro a março, caindo em julho, no tratamento NZN 3,75 l/ha. SOUZA *et alii* (1975) encontraram 504 ppm em outubro, caindo para 483 ppm em novembro, e subindo para 727 ppm em março e 844 ppm em abril. GALLO *et alii* (1967) não sugeriram variações na primavera, verão e outono num levantamento feito nos cafezais de São Paulo. HIROCE (1972) citou teores de 123 ppm em cafezais não adubados, até 705 ppm, quando receberam adubação nitrogenada, fosfatada e potássica.

Na pequena safra, os teores caíram sempre, de março a julho.

A observação de GANGWAR & MANN (1972) de que a aplicação de Zn no solo diminui o teor de manganês na planta de arroz, não pôde ser confirmada em cafeeiros que receberam zinco por via foliar, em nenhuma época.

A aplicação de doses crescentes de NZN alteraram as concentrações de manganês na planta somente no ano de grande safra (Tabelas 28 e 29). Em março, aos teores, pôde ser ajustada numa curva de segundo grau descendente, com mínimo de 456 ppm de manganês na aplicação de 9,46 l de NZN/ha; em julho, os teores cresceram de 429 ppm a 526 ppm.

Tabela 28 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) do teor de manganês (Mn ppm = Y) nas folhas de cafeeiro em função do logarítmo da dose de Zn aplicada (X = g de Zn/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem	Equações	$R^2$ %
março de 78	$Y = 5058,099966 - 3276,833314x + 583,333332x^2$	90,3
julho de 78	$Y = 169,149984 + 108,083339x$	94,3

Tabela 29 - Teores estimados de manganês (ppm) em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	mar. 78	jul. 78
NZN 3,75 l/ha	554	429
NZN 7,50 l/ha	463	461
NZN 15,00 l/ha	478	493
NZN 30,00 l/ha	597	526

## Zinco

A Tabela 30 trás os teores de zinco nos tratamentos e épocas. Percebe-se que apenas em julho houve diferenças entre os tratamentos: na grande safra, os teores nas plantas não pulverizadas com zinco foram menores que o das outras; apenas não diferindo do tratamento com NZN 3,75 l/ha foi igual aos tratamentos  $\text{ZnSO}_4$  e Uréia +  $\text{ZnSO}_4$ ; atende-se para o fato de que o teor no tratamento Uréia +  $\text{ZnSO}_4$  foi menor do que seu equivalente NZN 15,00 l/ha, e o NZN 7,50 l/ha.

Tabela 30 - Concentração de zinco na matéria seca dos 3º e 4º pares de folhas de cafeeiro em produção, em função das épocas de amostragem, fontes e níveis de nitrogênio e zinco. Média de 4 repetições

Tratamento	Época de amostragem				
	nov. 77	mar.78	jul.78	mar.79	jul. 79
Uréia	16 <sup>1/</sup>	9	8 a	8	6 a
$\text{ZnSO}_4$	18 <sup>x1/</sup>	13 x	44 by	8 x	10 ax
Uréia + $\text{ZnSO}_4$	16 ax	16 x	52 by	8 x	20 abx
Testemunha	14	7	9 a	10	4 a
NZN 3,75 l/ha	14 x	16 x	44 by	8 x	17 abx
NZN 7,50 l/ha	12 x	15 xy	86 cz	8 x	28 by
NZN 15,00 l/ha	12 x	16 x	126 dz	11 x	32 bcy
NZN 30,00 l/ha	12 x	18 x	154 ez	9 x	46 cy

Tratamento dentro de época = 17

d.m.s. (Tukey) a 5%

Época dentro de tratamento = 16

<sup>1/</sup> Letras não comuns entre tratamentos (a, b, c, d, e) ou entre épocas (x, y, z) indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

A aplicação de uréia não influenciou na acumulação de zinco em nenhuma época. BLANCO (1970) sugeriu o mesmo efeito, em folhas intactas de cafeeiro e BLANCO *et alii* (1972a) encontraram diminuição na absorção do elemento em presença de uréia, em cortes foliares de cafeeiro.

As plantas não pulverizadas com zinco, sempre com sintomas de deficiência e abaixo do nível limiar proposto por LOTT *et alii* (1961), que é 10 ppm, não apresentaram variações sazonais no teor do elemento, nas épocas estudadas. As demais se comportaram de maneira semelhante, mantendo-se constantes de novembro a março e elevando-se de março a julho, na grande safra. PEREIRA *et alii* (1976) obtiveram comportamento diferente, embora tivessem pulverizado com sulfato de zinco: os teores aumentaram inicialmente e depois, caíram; SOUZA *et alii* (1975) em cafezal não pulverizado, encontraram teores semelhantes em novembro e março, caindo em seguida. Na pequena safra, apenas as plantas pulverizadas com mais de 7,5 l de NZN por hectare apresentaram elevação no teor.

HIROCE (1972) encontrou em janeiro-fevereiro teores variando entre 9 e 12 ppm de Zn, em plantas sem pulverização no Estado de São Paulo, parecidos com os do presente estudo.

A aplicação foliar de NZN em março mostrou efeitos significativos na concentração de zinco nas folhas colhidas em julho, segundo uma regressão de primeiro grau (Tabelas 31 e 32), em função do logaritmo da dose de zinco aplicada.

Em julho da grande safra, os teores cresceram de 47 ppm até 158 ppm, com aplicação da menor para a maior dose de NZN. Como a produção apresentaria um máximo no ano de grande safra, com aplicação de 5,84 l/ha, o teor nas folhas com aplicação dessa dose deveria ser 70 ppm.

Em julho da pequena safra, os teores também cresceram, de 17 ppm até 44 ppm. Com a pulverização de 5,84 l, o teor deverá ser 22 ppm.

Note-se que a planta acumulou mais zinco em julho de 1978 do que em julho de 1979. Esse acúmulo menor no ano de pequena safra poderia ser explicado pelo maior crescimento vege

tativo da planta, que favoreceria a diluição do zinco nos tecidos.

Quanto ao aspecto fitotóxico, SILVA (1976) encontrou o teor de 142 ppm associado ao sintoma; PEREIRA *et alii* (1976) obtiveram teores acima de 150 ppm, com mais de 4 pulverizações de  $ZnSO_4$  0,75%, de setembro a abril; SILVA & FRANCO (1976) encontraram 65 ppm, 20 dias após aplicação de  $ZnSO_4$  2,4%. No presente estudo a concentração de  $ZnSO_4$  foi de 0,5%, aplicando-se 1 g de Zn por cova (0,5 l de solução por cova).

Tabela 31 - Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) do teor de zinco (Zn ppm = Y) nas folhas de cafeeiro em função do logaritmo da dose de Zn aplicada (X = g de Zn/ha, na forma de NZN)

Época de amostragem	Equações	$R^2$ %
julho de 78	$Y = -248,87500320 + 123,33333460x$	99,1
julho de 79	$Y = -56,00000098 + 30,41666705x$	96,6

Tabela 32 - Teores estimados de zinco (ppm) em função das doses de NZN aplicadas

Tratamento	julho 78	julho 79
NZN 3,75 l/ha	47	17
NZN 7,50 l/ha	84	26
NZN 15,00 l/ha	121	35
NZN 30,00 l/ha	158	44

Seria de se esperar uma resposta positiva quando ao teor de zinco nas folhas de março de 1978 à aplicação de doses crescentes de NZN em novembro de 1977. Essa não observância, poderia ser explicada pelo tempo decorrido, que teria sido demasiadamente longo (4 meses), permitindo uma diluição do Zn nos tecidos foliares formados em abundância nesta época.

As plantas coletadas em nov. 77 embora com teores acima do crítico, segundo LOTT *et alii* (1961), apresentavam sintomas de deficiência de zinco.

O exame das plantas em 01/05/78, 56 dias após a 2ª aplicação, mostrou o seguinte quadro de queimaduras, principalmente nas folhas mais novas, causadas pela aplicação foliar dos produtos:

Uréia + ZnSO<sub>4</sub> - queimaduras leves  
NZN 7,5 l/ha - queimaduras leves  
NZN 15,0 l/ha - queimaduras médias (atenção)  
NZN 30,0 l/ha - queimaduras severas (situação inaceitável).

O sintoma de queima (pontos necróticos nas folhas, de coloração pardo-amarelada) foi verificado sempre, alguns dias após a aplicação dos nutrientes. ANDRADE *et alii* (1974) encontraram queimaduras leves com aplicação de até 1,6% de sulfato de zinco. ANDRADE *et alii* (1974) e SILVA & FRANCO (1976) verificaram queimaduras severas com pulverização de sulfato e zinco a 12%, em emulsão óleo-água (7 l : 13 l), a 1 g de ZnSO<sub>4</sub> por planta, pulverização em baixo volume.

## CONCLUSÕES

- A produção máxima calculada de café beneficiado é 3.009,4 kg/ha, obtida com pulverização de 5,84 l de NZN por hectare (NZN 1,17%).
- O sulfato de zinco e a uréia, juntos ou isoladamente, não afetam a produção.

- A dose de 15 l de NZN por hectare diminui a produção.
- Aplicação de uréia (1,3%) + sulfato de zinco (0,5%) e de doses de NZN superiores a 7,5 l/ha provocam injúrias visíveis nas folhas. Esses efeitos se agravam com dosagens de 13 e 30 l NZN por hectare.
- As concentrações dos nutrientes nas folhas são afetadas de maneira diferente pelas épocas de amostragem e pela produção do cafeeiro.
- A aplicação de doses crescentes de NZN provoca aumento nas concentrações de zinco, manganês e boro e diminuição de cálcio e potássio nas folhas, em determinadas épocas da grande ou pequena safra.
- A concentração de zinco em julho, relacionada com a maior produção do cafeeiro, é 70 ppm.

#### SUMMARY

#### NON ROOT FEEDING WITH TWO SOURCES OF ZINC ON *Coffea arabica* L. 'MUNDO NOVO' (B.Rodr.) CHOUSSEY

A trial was carried out on an eight old coffee plantation with visible zinc problems. The plantation was situated nearly the city of Jaú (22°30'S, 48°30'W). State of São Paulo, Brazil. The soil is classified as medium texture Oxisol of low base saturation (Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa). The pulverization program started in november 1977, followed in march and july 1978 (heavy harvest) and ended in march and july 1979 (light harvest). It should be mentioned that a well reconized characteristic of arabica coffee is its habit of biennial bearing, a very heavy harvest is most often followed by a light load the next year.

The following treatments and amounts of chemicals per cova hole (4 trees) were tested in accordance with a random block design:

1. 1 g of zinc (zinc sulphate, 0.5%)
2. 3 g of nitrogen (urea, 1.3%)
3. 1 g of zinc + 3 g of nitrogen (zinc sulphate 0.5% + urea 1.3%)
4. 0.25 g, 0.50 g, 1.00 g, 2.00 g of zinc plus 0.75 g, 1.50 g, 3.00 g and 6.00 of nitrogen (correspondent to NZN\* 15-0-0-5 as 0.75%, 1.5%, 3.0% and 6.0% by v/v).

Foliar absorption data were obtained by collecting the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> pairs of the coffee leaves and analysed them for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn.

The main results may be summarized as follows:

1. The maximum calculated yields of clean coffee were obtained by the applications of 5.84 l of NZN (1.13%) per hectare.
2. The applications of zinc sulphate (0.5%) and urea (1.3%) together or separate did not affected the coffee bean production.
3. The applications of 15.0 l of NZN per hectare reduced the coffee yields.
4. Leaf damages and burning symptoms were observed by the applications of urea (1.3%) plus zinc sulphate (0.5%) and larger doses than 7.5 l of NZN per hectare.
5. Leaf tissue analysis show that the concentrations of the elements were affected by the age of the leaves and by the yields of the coffee trees.
6. The applications of increasing doses of NZN causes an increase in the concentration of zinc, manganese and boron in the leaves and decreased the concentration in calcium and potassium the leaves.

---

\* d = 1.33

7. The concentration of zinc in the leaves associated with the heavy harvest, in july, was 70.0 ppm.

## LITERATURA CITADA

- ABRUÑA, F.; CHANDLER, J.V.; SILVA, S., 1965. Effects of liming and fertilization on yield and foliar composition of high yielding sun grown coffee in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. **49**: 413-28.
- ACCORSI, W.R.; HAAG, H.P., 1959. Deficiências minerais em café. Rev. Café Português **29**(23): 5-19.
- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, L.S., 1971. Phosphorus-irion and phosphorus-zinc relationship in corn (*Zea mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. Agron. J. **63**: 36-9.
- ANDRADE, I.P.R.; HASHIZUME, H.; PAULINI, A.E.; MATIELLO, J.B. 1974. Estudos sobre correção de deficiências de zinco e cobre em cafezais novos. Res. 2º Cong. Bras. Pesq. Cafeeiras Poços de Caldas, MG, **2**: 268-71.
- ARZOLLA, J.D.P., 1955. Contribuição ao estudo da absorção e da translocação do radiozinco no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Piracicaba, ESALQ/USP, 38p. (tese de doutoramento).
- BLANCO, H.G., 1970. Estudos sobre a absorção de zinco por folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), Piracicaba, ESALQ/USP 77p. (tese de doutoramento).
- BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; HAAG, H.P., 1972b. Absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). II. Efeitos de diferentes compostos de zinco e do pH da absorção e do pH da solução externa. Arq. Inst. Biol., São Paulo, **39**(1): 13-18.
- BLANCO, H.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, D. de A.; SARRUGE, J.R., 1972. Absorção de zinco por tecido foliar de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Arq. Inst. Biol., São Paulo, **39**(1): 1-12.

- CAMARGO, P.N. de; SILVA, O., 1975. Manual de adubação foliar, São Paulo, Herba, 258p.
- CARVAJAL, J.F., 1959. Nutrición mineral del cafeto, Requerimientos de la cosecha, Costa Rica, Ministério de Agricultura e Indústrias-STICA. Inf. Téc. nº 9, 16p.
- CARVAJAL, J.F., 1972. Cafeto - cultivo e fertilizacion, Instituto Internacional de la Potassa, Suíça, 141p.
- CROCOMO, O.J.; MENARD, L.N., 1961. Estudo sobre a distribuição de  $S^{35}$  em cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon). An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz" 18: 169-82.
- DAFERT, 1900. Principes de culture rationelle du cafe au Brésil (trad. A. COUTURIER), Paris, ed. Challamel, 85p.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; COELHO, F.A.S.; TOLEDO, S.V., 1967. Levantamento do estado nutricional de cafezais de São Paulo, pela análise foliar. I. Solo massapê-salmourão. *Bragantia* 26(7): 103-17.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C., 1970. Levantamento de cafezais do Estado de São Paulo pela análise química foliar. II. Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo-Orto. *Bragantia* 29(22): 237-47.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; MORAES, F.R.P. de, 1971. Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro, em relação à adubação química. I. Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho Amarelo Orto. *Bragantia* 30: 169-77.
- GANGWAR, M.S.; MANN, J.S., 1972. Zinc nutrition of rice in relation to iron and manganese uptake under different water regimes. *Indian J. Agric. Sci* 42(11): 1032-5.
- GRECHUKHINA, C.A.; TIMOFEEVA, G.F., 1961. Effect of foliar application of macronutrients on the root absorption of mineral salts. *Vestn. Leningrad Univ. (Série Biol.)*; 1: 35-45.

- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E., 1960. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon (B.Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva. *Rev. da Agric.* 35: 273-289.
- HASHIZUME, H.; PAULINI, A.E.; ANDRADE, I.P.R.; MATIELLO, I.B. MANSK, Z., 1974. Estudos da neutralização do sulfato de zinco em cafeeiros novos. *Res. 2º Cong. Bras. Pesq. Cafeeiras*, Poços de Caldas, MG, 2: 285-287.
- HIROCE, R., 1972. **Composição mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* 'Mundo Novo') com referência à época e à adubação**, Piracicaba, ESALQ/USP, 76p. (tese de doutoramento).
- JONES, P.A.; ROBINSON, J.B.D.; WALLIS, J.A.N., 1960. Fertilizers, manure, and mulch in Kenya coffee growing. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 28(112): 335-52.
- LOTT, W.L.; McLUNG, A.C.; VITA, R.; GALLO, J.R., 1961. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. Campinas, **IBEC Research Institute**, 63p.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALLO, J.R.; MEDCALF, J.C., 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, **IBEC Research Institute**, 26p. Bol. 9.
- LOUÉ, A., 1957. **Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in the Ivory Coast**, International Potash Institut, Suíça, 68p.
- MAGALHÃES, A.C., 1964. Efeito da redução da superfície foliar sobre o desenvolvimento de cafeeiros. *Bragantia* 23: 337-42.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de; BRASIL, M.O.C. 1974. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**, Pioneira, ed., São Paulo, 52p.
- MALAVOLTA, E.; ARZOLLA, J.D.P.; HAAG, H.P., 1957. Absortion of urea spray by coffee leaves under field conditions. *Pl. Physiol.* 32: XIV.

- MEDCALF, I.C.; LOTT, W.L.; TEETER, B.P.; QUINN, R.L., 1955. Experimental programs in Brazil, Campinas, IBEC Res. Inst. 59p., Bol. 6
- NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R., 1975. Estudo comparativo das relações entre os nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho. *Bragantia* 34: XXVW-XXVI.
- OLSEN, S.R., 1972. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO e W.L. LINDSAY (Coord.). *Micronutrients in Agriculture*, Madison, Soil Sci. Soc. Am., p.243-264.
- ORUKO, B.A., 1977. Field responses of arabica coffee to fertilizers in Kenua-a review, *Kenya Coffee* 42(497/498): 285-94.
- PEREIRA, J.E.; SANTINATO, R.; MIGUEL, A.E., 1976. Levantamento do estado nutricional do cafeeiro com base na análise foliar. Res. 4º Congr. Bras. Pesq. Cafeeiras. Caxambu, MG., 4: 159-64.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. *Curso de Estatística Experimental.*, 7ª ed., Nobel, São Paulo, 430 pp.
- RAO, W.K.M., 1978. Trace element nutrition on coffee. *Indian Coffee* 42 (11): 315-6.
- RAO, W.K.M.; IYENGAR, B.R.V., 1975. Leaf analysis - A diagnostic tool in coffee. *Indian Coffee* 39(6): 175-8.
- RIVAS VÁSQUES, A.R., 1969. *Adubação foliar de mudas de café (Coffea arabica L. var. Mundo Novo) com três fontes de nitrogênio - N<sup>15</sup>*, Piracicaba, ESALQ/USP, 95p. (dissertação de "Magister Scientiae").
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. *Análises químicas em plantas*, Piracicaba, Departamento de Química, ESALQ/USP, 56p.
- SETZER, J., 1956. *Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo*, São Paulo, Escolas Professores Salesianos, 239p.

- SILVA, J.B.S., 1976. Estudo de novas fontes dos micronutrientes zinco e boro para o cafeeiro. **Res. 4º Congr. Bras. Pes. Cafeeiras**, Caxambu, MG, 4: 234-7.
- SOUZA, V.H. da S.e., 1972. **Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café** (*Coffea arabica* L. var. Mundo Novo), Viçosa, UFV, 43p. (dissertação de "Magister Scientiae").
- SOUZA, V.H. da S.; MAESTRI, M.; BRAGA, J.M.; CHAVES, J.R.P., 1975. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café. **Revista Ceres** 22(123): 318-31.
- STUCKENHOLTZ, D.D., OLSEN, R.J.; GOGAN, G.; OLSON, R.A., 1966. On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn-nutrition. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 30: 759-63.
- THORHE, D.W., 1957. Zinc deficiency and its control. **Adv. Agron** 9: 31-65.
- WELLMANN, L.F., 1961. **Coffee - Botany, Cultivation, and Utilization**, London, Intersc. Publishers, 488p.
- WIDDWSON, J.P., 1966. Zinc deficiency on the shallow soils of Niue. 2. Effects of zinc sulphate on the yield and nutrient composition of crotalaria and sweet corn. **N.Z.J. Agric. Res.** 9: 748-70.
- WITWER, S.H., 1964. Foliar absorption of plant nutrients. **Adv. Frontier Plant Sci** 8: 161.
- WITWER, S.H., 1967. Foliar absorption of Nutrients. **Plant Food Rev.** 13(2): 11-4.
- WITWER, S.H., TEUBNER, 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 10: 13.
- YAMADA, Y.; JYUNG, W.H.; WITNER, S.H.; BUKOVAK, M.J., 1965. The effects of urea on ion penetration through isolated cuticular membranes and ion uptake by leaf cells. **Proc. Am. Soc. Hort. Sci** 87: 429-32.

