

ESTUDOS SOBRE A ALIMENTAÇÃO MINERAL DO CAFEIRO XXVII. EFEITO DA ADUBAÇÃO N, P e K NO TEOR DE MACRO E MICRO NUTRIENTES DO FRUTO E NA QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ *

H. V. AMORIM **
A. A. TEIXEIRA ***
R. S. MORAES ****
A. J. REIS *****
F. PIMENTEL GOMES ****
E. MALAVOLTA **

RESUMO

O efeito da adubação N, P e K na composição mineral do grão (macro nutrientes, B e Zn) e na qualidade da bebida (prova de xícara) foi estudado. Utilizou-se um ensaio de adubação NPK, 3x3x3 plantado em 1955 em Ribeirão Preto, S. P. As amostras foram colhidas a dedo, despulpadas e degomadas no mesmo dia.

Verificou-se que somente a adubação nitrogenada aumentou significativamente o teor de N no grão. Altos níveis de K na adubação diminuíram o teor de B e de Zn no grão.

O teor de N no grão foi correlacionado negativamente com a qualidade da bebida. A adubação potássica quando excessiva prejudicou a qualidade da bebida mas de uma maneira não consistente.

O aumento da produção causado pela adubação nitrogenada e potássica compensam economicamente o pequeno prejuízo causado na qualidade da bebida, que não chega a ser de 0,5 grau na escala utilizada.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho é o terceiro de uma série planejada na E. S. A. «Luiz de Queiroz», que visa esclarecer o efeito da adubação N, P e K em ca-

* Trabalho realizado com auxílio do Convênio IBC/GERCA/ESALQ e CNPq. Agradecimentos são devidos ao Sr. Luiz de Pascoli pela colaboração na colheita e preparo das amostras. Entregue para publicação em 21/12/1973.

** Departamento de Química da E. S. A. «Luiz de Queiroz» da USP, Piracicaba, S. P.

*** Instituto Brasileiro do Café, Setor de Classificação, São Paulo.

**** Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, USP, Piracicaba, S. P.

***** Secretaria da Agricultura, Fazenda Experimental de Ribeirão Preto, S. P.

feeiros, no teor dos nutrientes minerais do grão e na qualidade da bebida proveniente dos mesmos.

Alguns estudos neste sentido têm sido realizados em Costa Rica (GIAL-LULY, 1958), Guatemala (MENCHU e IBARRA, 1967) e Quênia (JONES, 1964; BLORE, 1965; NORTHMORE, 1965, 1967), e os resultados obtidos de uma maneira geral demonstram haver relações entre adubação e qualidade da bebida. As observações feitas no Brasil (AMORIM et al. 1965, 1967) também têm demonstrado haver uma certa relação, confirmando em parte as observações feitas em outros países produtores.

De uma maneira geral, a influência da adubação ou do estado de equilíbrio de bases do solo na qualidade da bebida do café, apesar de significativa, não deve ser de grande monta para cafés não despulpados. Por esta razão, somente nas regiões que se produzem cafés de fina qualidade, este aspecto deve merecer atenção especial. No Brasil, por exemplo, onde a grande maioria dos cafés não são despulpados, o aumento da produção causado pela adubação é tão grande, que o aspecto da qualidade da bebida fica deslocado para um plano secundário.

Em recente revisão, AMORIM (1970) menciona algumas hipóteses sobre o desequilíbrio nutricional e a conseqüente piora na qualidade da bebida do café. O assunto é complexo porque também envolve aspectos da colheita e processamento do fruto.

Os dois primeiros trabalhos desta série foram realizados com material colhido em Piracicaba, e o atual, em Ribeirão Preto. As condições de solo e clima são um pouco diferentes entre as duas regiões. Desta maneira procurou-se confirmar em outra região os resultados obtidos em Piracicaba.

MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de café para a análise química e para a prova de xícara foram obtidos de um ensaio fatorial NPK 3x3x3 com 4 repetições, em blocos ao acaso, sendo que cada parcela possuía 10 covas (4 pés por cova). O espaçamento era de 2,5 x 2,5 m entre covas.

O ensaio foi instalado na Fazenda Experimental da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo no município de Ribeirão Preto, em 1955 e plantas de *Coffea arabica* L. var. Mundo Novo foram utilizadas. O solo é latossol roxo (terra roxa). A produção tem sido influenciada pela adubação nitrogenada e potássica, não tendo sido observada resposta para adubação fosfotada até o presente.

As doses dos fertilizantes e os respectivos níveis encontram-se no Quadro 1. A aplicação dos adubos nitrogenados e potássicos era parcelada 4 vezes no período de novembro a março. Apenas uma aplicação anual de adubo fosfotado era feita; toda a adubação tem sido feita em cobertura.

As doses de KCl iniciais (1955 a 1960) foram de 200, 400 e 800 g de KCl por cova/ano, representando os níveis K_0 , K_1 e K_2 respectivamente. Os tratamentos com o nível K_2 em 1959 já apresentavam sintomas de toxidez, e a

produção foi reduzida; por esta razão, a partir de 1960 as doses de K_2O foram mudadas para aquelas que aparecem no Quadro 1.

Quadro 1 — Adubação e doses aplicadas por cova e por ano em um ensaio fatorial NPK 3x3x3 em cafeeiros.

ADUBO	NIVEIS (g/cova/ano)		
	0	1	2
Sulfato de Amonio	Omissão	500	1000
Cloreto de Potássio	Omissão	167	334
Superfosfato Simples	Omissão	250	500

O café foi colhido no ano de 1966, em maio, quando ainda no estado de «cereja». Somente os frutos neste estado foram despulpados e degomados. Juntou-se as amostras das 4 repetições. A degomagem foi feita com NaOH à 2,5% durante 5 minutos com agitação. Depois de rigorosamente lavado, o café foi colocado em um secador artificial onde permaneceu por 5 dias a 45°C.

Obteve-se assim, uma amostra de café seco para cada um dos 27 tratamentos. Este café permaneceu 5 meses em lugar fresco e embalados em sacos de filó para que fossem posteriormente torrados e submetidos a prova de xícara e análise química.

Para a análise química, o material foi seco em uma estufa à 85°C até peso constante. Foram moidas 3 amostras de cada tratamento. Na determinação do nitrogênio total utilizou-se o método micro-Kjeldhal, modificado por MALAVOLTA (1957). No extrato nítrico perclórico das amostras foram feitas as determinações de fósforo (metavanadato), e do K por fotometria de chama. O enxofre total foi dosado por precipitação do sulfato de bário. Para o cálcio e o magnésio utilizou-se o método do EDTA (GLORIA et al., 1965). O boro foi determinado pelo método da curcumina e o zinco por absorção atômica.

As provas de xícara foram feitas por duas equipes de 3 degustadores cada.

O delineamento usado foi o de blocos incompletos equilibrados. O ensaio teve 4 repetições ortogonais repetidas 2 vezes. Cada grupo de 9 tratamentos em cada repetição, teve 3 blocos de 3 tratamentos cada, mais duas rotinas.

O esquema que segue mostra como foram sorteados os tratamentos.

1.^a repetição ortogonal da 1.^a repetição simples.

1.º grupo			2.º grupo			3.º grupo		
2	1	3	11	10	12	19	21	20
4	6	5	15	14	13	23	24	22
9	7	8	16	17	18	26	25	27

O presente delineamento é um fatorial em BID (PIMENTEL GOMES, 1966). No total foram feitas 1296 provas de xícara pelas duas equipes, sendo que foram utilizados para os cálculos o valor médio das notas dadas por 3 degustadores, para cada repetição, que foram em número de 16.

Foram consideradas para efeito de classificação da bebida no presente ensaio, os seguintes padrões com seus valores respectivos para a análise estatística, segundo FAIRBANKS BARBOSA et al. (1962) e PIMENTEL GOMES (1966). (Quadro 2).

Quadro 2 — Padrões de qualidade de bebida e os respectivos valores.

PADRÕES	ABREVIATURA	VALORES
Extritamente Mole	EM	5
Mole	M	4
Apenas Mole	AM	3
Duro	D	2
Riado	Ry	1
Rio	R	0

RESULTADOS**Composição mineral do grão**

Os resultados dos teores totais dos elementos analisados encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3 — Níveis dos elementos na adubação e a média (3 repetições) dos teores totais encontrados no grão (matéria verde, teor de umidade = 11,3%).

Níveis da adubação	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S	ppmB	ppmZn
N ₀	1,88	0,145	1,51	0,130	0,245	0,110	13,4	15,91
N ₁	1,99	0,143	1,50	0,126	0,210	0,107	9,70	16,56
N ₂	2,05	0,144	1,50	0,111	0,284	0,115	11,58	16,30
P ₀	1,95	0,143	1,46	0,114	0,281	0,107	11,54	16,07
P ₁	1,98	0,144	1,52	0,124	0,213	0,110	11,97	15,85
P ₂	2,00	0,145	1,54	0,129	0,246	0,114	11,18	16,80
K ₀	1,98	0,144	1,49	0,128	0,282	0,107	11,42	18,04
K ₁	1,97	0,143	1,47	0,121	0,246	0,111	13,40	17,26
K ₂	1,98	0,145	1,55	0,119	0,212	0,113	9,87	13,42

Foram feitos desmembramentos nas interações que apresentavam significância ao nível de 1% e 5%.

O aumento da dose de nitrogênio refletiu em um aumento significativo do teor de N do grão. Por outro lado, o aumento da adubação fosfatada e potássica não aumentou o teor de fósforo e potássio no grão, respectivamente.

No teor de fósforo do grão houve interação NxP, significativa ao nível de 1%. O teor de fósforo foi influenciado pela dose de nitrogênio dentro do nível zero e 2 de fósforo. Na ausência de fósforo na adubação, o aumento da adubação nitrogenada refletiu com aumento no teor de fósforo no grão. Fato inverso ocorreu na dose 2 de fósforo. O aumento na adubação nitrogenada acarretou um decréscimo significativo no teor de fósforo.

Quando o K foi omitido na adubação, o aumento da adubação nitrogenada causou um decréscimo no teor de K do grão. Por outro lado, na ausência do sulfato de amônio na adubação houve um acréscimo significativo no teor de K do grão quando a adubação fosfatada se elevava.

Quanto ao aC, no nível K₀ e K₂ o seu teor decresceu quando a adubação nitrogenada foi elevada.

Na omissão de fósforo na adubação, o teor de enxofre se elevou quando foi elevada a adubação nitrogenada.

Na omissão do superfosfato simples na adubação, quando se elevou a adubação nitrogenada, o teor de zinco decresceu.

Na omissão da adubação nitrogenada, quando se elevou a adubação fosfatada o teor de zinco no grão decresceu. No nível N₁ quase não houve variação e no nível N₂ ocorreu o inverso, a elevação da adubação fosfatada correspondeu um aumento no teor de zinco no grão.

A adubação nitrogenada e potássica influenciaram no teor de boro do grão, sendo que a omissão e a dose mais elevada de N contribuíram para um teor mais elevado de boro. A dose mais elevada de K reduziu significativamente o teor de boro do grão.

Qualidade da bebida

A adubação nitrogenada e potássica prejudicaram a qualidade da bebida ao nível de 1% e 5% respectivamente.

Os quadros 4 e 5 atestam o rigor e a concordância das duas equipes que fizeram as provas de xícara.

Quadro 4 – Delineamento estatístico do ensaio A para o estudo da influência dos diversos elementos minerais na qualidade da bebida.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetições	7	13,0339	1,8620	9,13**
Blocos dentro de Repetição	64	15,3987	0,2406	1,18
Nitrogênio(N)	2	5,3494	2,6747	13,12**
Fósforo (P)	2	0,3147	0,1574	0,77
Potássio (K)	2	1,4180	0,7090	3,48*
Interação NxP	4	1,3082	0,4270	2,09
Interação NxK	4	1,4881	0,3720	1,82
Interação PxK	4	0,9980	0,2470	1,21
Interação NxPxK	6	0,8946	0,1341	0,66
Tratamento (ag.)	24	11,7610	0,4900	
Resíduo	120	24,4707	0,2039	
Total	215	64,6640		

Quadro 5 — Delineamento estatístico do ensaio B para o estudo da influência dos diversos elementos minerais na qualidade da bebida.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	7	10,2888	1,4698	6,920**
Blocos dentro de Repetição	64	17,5917	0,2749	1,294
Nitrogênio (N)	2	3,7610	1,8805	8,854**
Fósforo (P)	2	0,2198	0,1099	0,517
Potássio (K)	2	1,6176	0,8088	3,808*
Interação NxP	4	0,2893	0,0723	0,340
Interação NxK	4	0,1447	0,0362	0,170
Interação PxK	4	0,5914	0,1478	0,696
Interação NxPxK	6	1,1820	0,1970	0,927
Tratamentos (ag.)	24	7,7758	0,3240	
Resíduo	120	25,4888	0,2124	
Total	215	61,1451		

As médias ajustadas das provas de xícara das duas equipes se encontram no Quadro 6.

Quadro 6 — Níveis de adubação e média dos valores da qualidade da bebida encontrados.

Nível da Adubação	Valor da Bebida	Nível da Adubação	Valor da Bebida	Nível da Adubação	Valor da Bebida
N ₀	= 3,40	= P ₀	= 3,19	K ₀	= 3,30
N ₁	= 3,16	P ₁	= 3,17	K ₁	= 3,09
N ₂	= 2,99	P ₂	= 3,20	K ₂	= 3,17

O teste de correlação efetuado entre o teor dos elementos no grão e a

qualidade da bebida foi significativo ao nível de 1% somente para o nitrogênio. ($r=0,6648^{**}$).

Não atingiu significância a correlação entre o teor de K no grão e a qualidade da bebida.

DISCUSSÃO

Composição mineral do grão.

É interessante notar que somente a adubação nitrogenada refletiu em um aumento de N no grão. A adubação fosfatada e a potássica não aumentaram o teor dos respectivos elementos no grão. Em Piracicaba (AMORIM et al. 1967) também não houve resposta para a adubação fosfatada, embora a potássica elevasse o teor de K no grão. No presente trabalho, a adubação potássica talvez não tenha influido no teor de K no grão ao fato de que nos primeiros anos todos os tratamentos tivessem recebido potássio, inclusive o do nível zero.

A interação entre os nutrientes era fato esperado, mas a explicação destas interações é complexa e foge do objetivo deste trabalho. É interessante notar, entretanto, que quando não se adicionou fósforo na adubação, o aumento na dose de sulfato de amônio refletiu em um aumento no teor de fósforo no grão e o inverso ocorreu, quando o fósforo foi adicionado no nível 2.

Era de se esperar que o aumento da dose de potássio na adubação causasse um decréscimo significativo de magnésio nos frutos. Embora tal redução tenha sido observada, esta não foi estatisticamente significativa.

As doses mais elevadas de K reduziram significativamente o teor de B e Zn no grão.

O teor de Zn no grão depende dos níveis de nitrogênio e fósforo da adubação. Na omissão do N, o aumento da adubação fosfatada decresce o teor de Zn no fruto, ao passo que no nível 2 de nitrogênio, o aumento da adubação fosfatada aumentou o teor de Zn no fruto.

O B foi afetado negativamente pelas doses mais elevadas de K. A omissão e o nível 2 de N favoreceram o acúmulo de B nos frutos.

Qualidade da bebida.

Os dois ensaios (Quadro 4 e 5) para a prova de xícara mostraram-se coincidentes quanto aos resultados, demonstrando que o nitrogênio e o potássio influíram na qualidade da bebida.

Para o nitrogênio, uma correlação negativa foi encontrada, entre o teor de N do grão e a qualidade da bebida. Para o K tal correlação não foi significativa. Estes resultados confirmam as observações feitas em Piracicaba (AMORIM et al. 1967).

O efeito do nitrogênio da adubação na qualidade da bebida só poderá ser elucidado com outros tipos de análise que envolvem compostos orgâni-

Quadro 5 — Delineamento estatístico do ensaio B para o estudo da influência dos diversos elementos minerais na qualidade da bebida.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Repetições	7	10,2888	1,4698	6,920**
Blocos dentro de Repetição	64	17,5917	0,2749	1,294
Nitrogênio (N)	2	3,7610	1,8805	8,854**
Fósforo (P)	2	0,2198	0,1099	0,517
Potássio (K)	2	1,6176	0,8088	3,808*
Interação NxP	4	0,2893	0,0723	0,340
Interação NxK	4	0,1447	0,0362	0,170
Interação PxK	4	0,5914	0,1478	0,696
Interação NxPxK	6	1,1820	0,1970	0,927
Tratamentos (ag.)	24-	7,7758	0,3240	
Resíduo	120	25,4888	0,2124	
Total	215	61,1451		

As médias ajustadas das provas de xícara das duas equipes se encontram no Quadro 6.

Quadro 6 — Níveis de adubação e média dos valores da qualidade da bebida encontrados.

Nível da Adubação	Valor da Bebida	Nível da Adubação	Valor da Bebida	Nível da Adubação	Valor da Bebida
N ₀	= 3,40	= P ₀	= 3,19	K ₀	= 3,30
N ₁	= 3,16	P ₁	= 3,17	K ₁	= 3,09
N ₂	= 2,99	P ₂	= 3,20	K ₂	= 3,17

O teste de correlação efetuado entre o teor dos elementos no grão e a

b) O excesso de K na adubação reduziu o teor de B e Zn no grão em Ribeirão Preto.

c) O teor de N no grão foi negativamente correlacionado com a qualidade da bebida do café tanto na região de Piracicaba como em Ribeirão Preto. Embora significativa ao nível de 1% esta diferença foi pequena, não alcançando 0,5 grau da escala. O café passou de um valor médio entre Mole e Apenas Mole, para Apenas Mole.

d) A adubação com KCl prejudicou a qualidade da bebida tanto em Piracicaba como em Ribeirão Preto, sendo que em Ribeirão Preto a significância foi ao nível de 5% e o teor de K no grão não foi correlacionado com a qualidade da bebida. Especula-se que talvez o cloro contribuiu para este efeito depressivo.

e) O aumento verificado na produção em relação a testemunha tanto em Piracicaba como em Ribeirão Preto com a adubação nitrogenada e potássica compensa largamente o pequeno prejuízo na qualidade da bebida para cafés despulpados.

SUMMARY

STUDIES ON MINERAL NUTRITION OF COFFEE TREE. XXVII. EFFECT OF N, P, K AND FERTILIZATION ON MACRO AND MICRO NUTRIENTS CONTENT IN THE BEAN AND IN THE QUALITY OF THE COFFEE BEVERAGE.

In this third year of work, research was carried out concerning the effect of N, P and K fertilization on the mineral composition of the coffee bean and in the quality of the beverage.

The material employed was obtained from a NPK,₂³ and NPK,₃³ factorial experiment from two different regions. In Piracicaba, *Coffea arabica* L. var. «Bourbon Vermelho» was the plant source, and «Mundo Novo» in Ribeirão Preto.

The main findings are as follows:

a) N content in the bean was raised by the application of N in the soil in both regions. The use of K increased the level of K in the bean in Piracicaba but not in Ribeirão Preto. The level of total P was not affected by P fertilization in both regions.

b) The higher doses of KCl decreased the B and Zn content in the bean.

c) Fruits collected in treatments where N and K were used gave significant lower quality beverage in Piracicaba and in Ribeirão Preto.

d) It was found a negative and significant correlation (at 1% level) between N content in the bean and the quality of the beverage, for both varieties and regions. For K the correlation was not significant in both regions. It was speculated that probably the chlorine of KCl may be the factor which affects the quality of the beverage.

e) The great increase in production (yield) where N and K were applied compensates economically the small decrease in the quality of the beverage of the pulped coffee.

LITERATURA CITADA

- AMORIM, H. V., L. C. SCOTON, A. de CASTILHO, F. PIMENTEL GOMES, E. MALAVOLTA. 1965 — Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVII. Efeito da adubação N, P, e K, na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida. (Nota preliminar). Anais ESALQ, 22: 130-152.
- AMORIM, H. V., L. C. SCOTON, A. de CASTILHO, F. PIMENTEL GOMES, E. MALAVOLTA. 1967 — Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da adubação N P e K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida. (2.ª Nota). Anais da ESALQ, 24: 215-227.
- AMORIM, H. V. 1970 — Nutritional status of the coffee plant and beverage quality. Indian Coffee, 34: 331-335.
- BLORE, T. W. D. 1965 — Some organic practices affecting the quality of Kenya coffee. Turrialba, 15: 111-118.
- CATANI, R. A., F. R. P. de MORAES, H. BERGAMIM F. 1969 — A concentração de cloro em folhas de café. Anais da ESALQ, 26: 93-98.
- CHASSEVENT, F., S. GERWIG, M. BOUHARMONT. 1973 — Influence eventuale de diverses fumures sur les teneurs en acides chlorogéniques et en caféine de grains de caféiers cultivés. 6.º Coloquio Internacional sobre la Química de los Cafés. ASIC. Bogotá, Colombia.
- FAIRBANKS BARBOSA, L., F. PIMENTEL GOMES, P. PARREIRA, A. de CASTILHO, H. de CAMPOS, A.A. TEIXEIRA. 1962 — Estudos preliminares sobre a prova de xícara do café. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. SFCC, 1, 38 pág.
- GIALLULY, M. 1958 — Factors affecting the inherent quality of green coffee. Coffee and Tea Industries, 81: 127-132.
- GLORIA, N. A., R. A. CATANI, T. MATUO. 1965 — Determinação de cálcio e magnésio em plantas, pelo método do EDTA. Anais da ESALQ, 22: 153-171.
- JONES, P. A. 1964 — Research into problems of coffee quality in Kenya. Turrialba, 14: 182-187.
- MALAVOLTA, E. 1957 — Práticas de Química Orgânica e Biológica. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- MENCHU, J. F., E. IBARRA. 1967 — The chemical composition and the quality of Guatemalan coffee. Troisième Colloque International sur la Chimie des Cafés. Pág. 146-154. Trieste, Italie.
- NORTHEMORE, J. M. 1965. Some factors affecting the quality of Kenya coffee. Turrialba 15: 184-193.
- NORTHEMORE, J. M. 1967 — Row bean color and the quality of Kenya Arabica Coffee. Troisième Colloque International sur la Chimie des Cafés. Pág. 405-414. Trieste, Italie.
- PIMENTEL GOMES, F. 1966 — Curso de Estatística Experimental, 3.ª Edição. Piracicaba, São Paulo. 404 pág.
- REIS, A. J., H. V. ARRUDA. 1960 — Efeito do nitrogênio sobre a retenção de fruto de café nos cafeeiros. Boletim de Agricultura, da Secretaria da Agricultura de Minas Gerais, 3-4: 17-20.

