

ESTUDOS SÔBRE 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)¹

H.V.de Amorim²
L.C. Scoton³
A.de Castilho⁴
F.Pimentel Gomes⁵
E. Malavolta⁶

RESUMO

O efeito da adubação NPK e da matéria orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida (prova de xicara) foi estudado.

Verificou-se que a adubação fosfatada e o uso da matéria orgânica não influenciaram nas características mencionadas..

A adubação nitrogenada e potássica aumentou o teor dos elementos correspondentes no grão e prejudicou pouco mas, significativamente a qualidade da bebida.

Êsses dados devem ser encarados com cautela e tidos apenas como preliminares.

INTRODUÇÃO

Êste é o segundo trabalho de uma série planejada na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", para verificar se há ou não influência da adubação na qualidade da bebida do café. Os trabalhos existentes na literatura são escassos, discordantes, não se podendo chegar a uma conclusão definitiva.

¹ Recebido p/publicação em 16/10/67; realizado com auxílio do IBC, CNPq e Fundação Rockefeller. Agradecimentos a C.Godoy Jr., M.O.C. Brasil Sobr^o., Vivaldo F. Cruz e Acad. D.A. Banzatto da ESALQ; A.Teixeira e L.S.P. Pereira da Secret.de Agricultura; à equipe de degustação do IBC de S.Paulo. ² Bolsista do CNPq. ³ Bolsista da FAPESP. ⁴ Secretaria de Agricultura do E.S.Paulo. ⁵ Cadeira de Matemática e Estatística da ESALQ. ⁶ Cadeira de Química Biológica da ESALQ.

GIALLULY (1958) observou que a adubação mineral nitrogenada, fosfatada, potássica e magnésiana tem influência na qualidade da bebida.

Baixos teores de ferro no solo acarretam um baixo teor deste elemento no grão e a qualidade da bebida fica prejudicada. Este fato foi verificado por ROBINSON (1960); os grãos de café com baixo teor de ferro tornam-se esbranquiçados ("Amber beans")

Grãos de café com alto teor de K ou Ca deram qualidade inferior de bebida em uma observação feita por NORTHMORE, citado por JONES (1964).

Enquanto DUBLIN (1963) admite que a natureza do solo e os adubos têm influência na qualidade da bebida, GRANER & GODOY JR. (1964) não constataram tal fato. Por outro lado, LAZZARINI (1965) observou uma pequena melhora na qualidade da bebida quando foi usada somente adubação mineral.

No primeiro ensaio desta série, foi verificado uma possibilidade da adubação fosfatada melhorar a qualidade da bebida, significativa a 5% de probabilidade; foi verificada também a possibilidade de a adubação nitrogenada e potássica prejudicar, embora esta diferença não tenha sido estatisticamente significativa.

WALLIS (1965) em Kenya obteve baixa qualidade de bebida, quando o solo apresentava-se com baixo estado de saturação em bases ou as mesmas não apareciam em proporção equilibrada.

MATERIAL E MÉTODOS

O material para as análises química e prova de xícara foi obtido de um experimento fatorial N P K de 2^3 , com 6 repetições, em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas (com e sem matéria orgânica). Este ensaio foi instalado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, no ano de 1954, por MALAVOLTA et al (1958).

O solo é pobre, arenoso e profundo. Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.) pertencem à variedade "Bourbon Vermelho". A adubação mineral durante os 12 anos de ensaio encontra-se em AMORIM et al (1965).

Os tratamentos estão no Quadro 1, onde o índice zero significa ausência e o índice 1 (um) presença do elemento na adubação.

Quadro nº 1

Tratamentos do ensaio fatorial N P K de 2^3 com parcelas subdivididas (com e sem matéria orgânica, M).

Tratamento (1)	$N_0 P_0 K_0 M_0$	Tratamento (9)	$N_1 P_1 K_0 M_0$
Tratamento (2)	$N_0 P_0 K_0 M_1$	Tratamento (10)	$N_1 P_1 K_0 M_1$
Tratamento (3)	$N_1 P_0 K_0 M_0$	Tratamento (11)	$N_1 P_0 K_1 M_0$
Tratamento (4)	$N_1 P_0 K_0 M_1$	Tratamento (12)	$N_1 P_0 K_1 M_1$
Tratamento (5)	$N_0 P_1 K_0 M_0$	Tratamento (13)	$N_0 P_1 K_1 M_0$
Tratamento (6)	$N_0 P_1 K_0 M_1$	Tratamento (14)	$N_0 P_1 K_1 M_1$
Tratamento (7)	$N_0 P_0 K_1 M_0$	Tratamento (15)	$N_1 P_1 K_1 M_0$
Tratamento (8)	$N_0 P_0 K_1 M_1$	Tratamento (16)	$N_1 P_1 K_1 M_1$

Houve uma modificação no plano experimental para a análise estatística em relação ao trabalho do ano passado (AMORIM et al., 1965). O plano foi modificado para dar uma maior segurança nos resultados. Em vez de 112 provas de xícara, no presente ensaio foram feitas 256.

De cada subparcela foi colhida, a dedo, uma amostra de café cereja. As 6 amostras de cada tratamento foram juntas, dando uma amostra composta. Esta foi despulpada (despulpador) e posteriormente submetida à degomagem química em uma solução de NaOH a 2,5% durante 5 minutos. Utilizou-se um litro de café despulpado para 5 litros de solução.

O café assim obtido, foi rigorosamente lavado e no dia seguinte levado ao secador. Permaneceu 5 dias a 45°C. Obteve-se, deste modo, uma amostra de café seco, para cada um dos 16 tratamentos. Este café foi depois embalado em sacos de filô e ficou em repouso durante 4 meses.

Para a análise química dos grãos, moeram-se 2 amostras de cada tratamento. Na determinação do nitrogênio total

utilizou-se o método micro-Kjeldhal, modificado por MALAVOLTA (1951). No extrato nítrico perclórico das amostras foram feitas as determinações de fósforo total (metavanadato), e do K por fotometria de chama. O fósforo solúvel foi determinado pelo metavanadato modificado por SARRUGE (não publicado). O enxofre total foi dosado por precipitação do sulfato de bário.

Para o ensaio de degustação, de cada tratamento foram tomadas 16 amostras de café de 30 gramas cada uma. Cada amostra foi torrada e moída por um único técnico. Foram escolhidos 5 degustadores.

O ensaio foi realizado em duas mesas de prova. Cada mesa foi constituída por 4 amostras do ensaio e uma de rotina. Cada amostra constou de 3 xícaras e foi provada por um degustador. Os degustadores deram suas opiniões separadas e sigilosas para cada amostra, cuja identidade ignoravam.

O ensaio foi feito em blocos casualizados com blocos de 4 parcelas e 16 repetições, de modo que o efeito da interação NxPxK ficou confundido com o efeito dos blocos, conforme o esquema seguinte.

	1º Bloco	(1)	(13)	(9)	(11)
	2º Bloco	(5)	(7)	(3)	(15)
1a. repetição	3º Bloco	(10)	(12)	(2)	(14)
	4º Bloco	(6)	(16)	(8)	(4)

Os dois primeiros blocos corresponderam aos tratamentos que não receberam matéria orgânica, e os dois últimos, aos que receberam.

Cada repetição sofreu um sorteio conforme o exemplo anterior.

Foram considerados 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 nº 2

Padrões de qualidade da bebida e os respectivos valores

Padrões	Abreviatura	Valores
Estritamente mole	EM	5
Mole	M	4
Apenas Mole	AM	3
Duro	D	2
Riado	Ry	1
Rio	R	0

RESULTADOS

Composição Mineral do Grão

Foram determinados os teores totais de N, P, K e S e os teores de P solúvel. Resolveu-se determinar o teor de S, por que este elemento, embora em pequenas quantidades, faz parte de substâncias voláteis e de forte odor. Estas substâncias contribuem em grande parte para o aroma e o gosto da bebida. Entre elas, RHOADES citado por SIVETZ (1963) determinou o sulfeto de dimetila.

Somente os teores de N e K variaram significativamente. Houve uma correlação positiva da adubação nitrogenada e potássica com os teores destes elementos encontrados no grão. As médias dos resultados estão no Quadro 3.

Paralelamente a estas análises foram preparadas duas amostras do tratamento $N_1P_1K_1M_1$ que passaram por processos diferentes. Uma delas foi despulpada e degomada como está no item referente à Qualidade da Bebida. A outra não foi despulpada e nem degomada e foi seca em terreiro. Ambas foram analisadas para K total, com 4 repetições.

Quadro nº 3

Porcentagem média dos elementos no grãos e os respectivos níveis de N P K e matéria orgânica aplicados no solo.

Tratamentos	% N Total	% P Total	% K Total	% S Total	% P Solúvel
N ₀	1,80 **	0,11	1,43	0,093	0,035
N ₁	2,17 **	0,12	1,51	0,099	0,035
P ₀	1,97	0,11	1,48	0,099	0,036
P ₁	1,98	0,11	1,45	0,093	0,034
K ₀	1,93 **	0,12	1,37 *	0,098	0,035
K ₁	2,03 **	0,11	1,56 *	0,099	0,035
M ₀	1,98	0,11	1,46	0,092	0,036
M ₁	1,99	0,11	1,48	0,100	0,034

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Não houve diferença significativa entre o teor de K no grão das 2 amostras. Este teste foi feito para verificar se o grão perde K quando recebe água no despulpamento, degomagem e posterior lavagem. Isto veio confirmar a hipótese de que se houver lavagem do K, esta se dá no pergaminho que envolve o grão. Como o grão foi analisado sem o pergaminho, e este, foi retirado mecânicamente sem uso de água no processo, é lícito admitir que o grão em si, não sofre nenhuma perda de elementos minerais, principalmente do K.

Qualidade da Bebida

Os efeitos do N e do K são significativos ao nível de 1% de probabilidade. Os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e potássica deram qualidade de bebida inferior.

As médias para os níveis de N, P e K com erro padrão de 0,084 são as seguintes (Quadro 4).

Quadro nº 4

Médias para os níveis de N, P e K na adubação e os valores obtidos para a qualidade da bebida.

Nível	Valor da bebida	Nível	Valor da bebida	Nível	Valor da bebida
N ₀	= 3,48	P ₀	= 3,30	K ₀	= 3,45
N ₁	= 3,04	P ₁	= 3,22	K ₁	= 3,07

As interações N x P, N x K e P x K não alcançaram significância estatística.

Não houve efeito da matéria orgânica (um jacá de esterco anualmente durante 6 anos). As médias para os níveis de matéria orgânica, com erro padrão de 0,060, são:

Nível	Valor da bebida
M ₀	= 3,28
M ₁	= 3,24

A interação N x Matéria Orgânica foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Contudo, o estudo desta interação, revelou que a matéria orgânica não tem efeito na qualidade da bebida na ausência ou presença de N na adubação. Para maior segurança foram feitos testes de χ^2 para o N, P e K, em relação à qualidade da bebida. Juntou-se o valor da bebida Estritamente Mole com o Mole porque a diferença no gosto é muito pequena. Não está incluído nos quadros a qualidade Rio, porque nenhuma amostra apresentou tal resultado na prova de xícara. Os resultados estão no Quadro 5, onde os resultados esperados estão entre parênteses.

Quadro nº 5

Teste χ^2 para N, P e K e qualidade de bebida

	Estrit.Mole e Mole	Apenas Mole	Duro	Riado	
Sem N	86 (68)	12 (24)	30 (32,5)	0 (3,5)	128
Com N	50 (68)	36 (24)	35 (32,5)	7 (3,5)	128
	136	48	65	7	256

$$\chi^2 = 28,912 \text{ ***}$$

	Estrit.Mole e Mole	Apenas Mole	Duro	Riado	
Sem P	71 (67,5)	23 (23,8)	30 (32,2)	3 (3,4)	127
Com P	65 (68,5)	25 (24,2)	35 (32,7)	4 (3,5)	129
	136	48	65	7	256

$$\chi^2 = 0,854 \text{ N.S.}$$

	Estrit.Mole e Mole	Apenas Mole	Duro	Riado	
Sem K	76 (60,6)	17 (21,4)	21 (28,9)	0 (3,1)	114
Com K	60 (75,4)	31 (26,6)	44 (36,0)	7 (3,8)	142
	136	48	65	7	256

$$\chi^2 = 18,228 \text{ ***}$$

N.S. não significativo

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade

Foram feitas correlações entre os teores de N, P e K totais e a qualidade da bebida. Para o N foi encontrado $r = -0,642$, significativo ao nível de 1% de probabilidade. Para o K, $r = -0,449$, atingiu a significância ao nível de 10%. A correlação para o fósforo $r = -0,257$ não foi significativa.

DISCUSSÃO

O aumento significativo dos teores de N e P nos grãos provenientes dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada e potássica e a correlação negativa encontrada com a qualidade da bebida, levam a crer que as respectivas adubações tenham prejudicado um pouco a qualidade.

Observando-se as médias de valores encontrados para a prova de xícara no Quadro 4, pode-se notar que a diferença na qualidade de bebida é pequena, não alcançando 0,5 grau da escala de valores, entre um tratamento sem N ou K e outro com N ou K. A qualidade da bebida foi de um valor intermediário entre Mole e Apenas Mole para Apenas Mole.

Nas condições do atual ensaio, o pequeno prejuízo na qualidade de bebida é largamente compensado pelo aumento na produção causados pela adubação com N e K. Quanto à depreciação da bebida pela adubação nitrogenada e potássica, os resultados encontrados no presente ensaio concordam com os de GIALLULY (1958) quanto ao N e K e com os de NORTHMORE (1965) e BLORE (1965) quanto ao K. WALLYS (1965) em Kenya correlacionou solo pobre e solo com desequilíbrio de bases trocáveis com bebida de inferior qualidade.

A influência do K na qualidade da bebida é muito discutida e não se sabe ao certo se esta influência é direta ou indireta. O K parece formar um complexo com a cafeína e o ácido clorogênico (GRIEBEL, cit. LENTNER & DEATHERAGE, 1959). Um alto teor de K poderia complexar mais ácido clorogênico e interferir no gosto e aroma da bebida. Segundo SMITH (1963) quanto maior a relação clorogenato e cafeína e K/clorogenato de K, mais difícil se torna a degradação do ácido clorogênico na torração do café e pior qualidade da bebida.

A adubação nitrogenada aumenta o teor de nitrogênio no grão e na polpa (AMORIM et al., 1965). O aumento do teor de N no grão reflete um maior teor de proteínas e aminoácidos livres; estes compostos em parte são destruídos pelo aquecimento (UNDERWOOD & DEATHERAGE, 1952b) na torração e no preparo da infusão. Tanto os compostos voláteis como os não voláteis contri

buirão para o sabor e aroma da bebida. Ao que parece, de um modo geral, os cafés com maior teor de proteína dão bebida inferior (UNDERWOOD & DEATHERAGE, 1952a).

Um alto teor de N no grão pode fazer com que as paredes das células tornem-se finas e acumulem pouco polissacarídeos. Estes compostos são decompostos posteriormente e dão formação a açúcares (ALBERSHEIM, 1965b, SPENCER, 1965).

SMITH (1963) acha que o café se distingue pelos constituintes do aroma que contêm N e S e pelos constituintes fenólicos não voláteis.

Por outro lado o N poderia exercer uma influência indireta, pois um excesso de N causa tecidos delgados com membranas celulósicas muito finas (KRAUS e KRAYBILL cit. ARENS, 1958) e sua falta, escleromorfose. A polpa do grão de café com uma cutícula delgada, tornaria mais fácil a penetração de microorganismos que entrariam por orifícios produzidos por insetos (KRUG, 1945) e (ALBERSHEIM, 1965a). Estes microorganismos penetrando no fruto, aumentariam a polifenoloxidase (URITANI et al., 1954) ou poderiam produzir compostos que alterariam o gosto e o aroma do café. NORTHMORE (1965) é de opinião de que a coloração par-da nos grãos que dão pior qualidade de bebida seja proveniente de quinonas produzidas por uma maior atividade de polifenoloxidase.

No presente trabalho a adubação orgânica não influenciou significativamente nos teores de N, P, K, S totais e P solúvel, como também não teve efeito significativo na qualidade da bebida.

Como este é o segundo trabalho de uma série, seria de bom senso olhar os resultados com cautela.

Para uma conclusão final é necessário o estudo de compostos orgânicos e um maior número de ensaios, o que já está sendo feito.

RESUMO E CONCLUSÕES

Neste segundo ano de ensaio procurou-se continuar estudando o efeito da adubação N, P, K e orgânica, na composição mineral do grão e na qualidade da bebida.

O material utilizado foi obtido de um experimento fatorial $N \times P \times K$, de 2^3 , com parcelas subdivididas (com e sem matê-

ria orgânica). O ensaio está instalado em solo pobre, arenoso e profundo com plantas de *Coffea arabica* L., var. Bourbon Vermelho.

As conclusões são as seguintes:

a) As adubações nitrogenadas e potássicas elevaram os teores totais destes elementos no grão. Os teores de P total e P solúvel não foram influenciados pela adubação fosfatada. O teor total de enxofre não sofreu variação em nenhum dos tratamentos. A matéria orgânica não alterou os teores dos elementos analisados no grão.

b) Os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e os que receberam adubação potássica deram bebida de qualidade um pouco inferior. A matéria orgânica não teve efeito significativo sobre a qualidade da bebida.

c) Houve correlação negativa e significativa a 1% de probabilidade entre o teor de N no grão e qualidade de bebida $r = -0,642$. Para o K $r = -0,449$ significativo a 10%. A correlação para o fósforo não foi significativa.

SUMMARY

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

The material employed was obtained from a $N \times P \times K, 2^3$, factorial experiment with split plot (with and without organic matter). The test area is located in poor, deep and, sandy soil; *Coffea Arabica* L., Var. "Bourbon Vermelho" is the plant source.

The main findings are as follows:

a) N content in the bean was raised by the application of N in the soil. The use of K increases the level of K in the bean. The level of total P and soluble P was not affected by P fertilization. No treatment affected the S level in the bean. The level of the elements analysed was not affected significantly by the organic matter applied to the soil.

b) Fruits collected in treatments where N and K were used gave significantly lower quality beverage. The quality of

beverage wasn't affected by the organic matter.

c) It was found a negative and significant (1%) correlation between N level in the bean and quality of beverage ($r = -0,642$). For K the correlation was found to be $r = -0,449$, significant at 10% of probability. No similar correlation was found with respect to P.

LITERATURA CITADA

ALBERSHEIM, P. 1965a The Substructure and Function of the cell wall. In "Plant Biochemistry". Ed. J. Bonner and J. E. Warmer. Academic Press, N.Y.- London, 151-186.

ALBERSHEIM, P. 1965b Biogenesis of the cell wall. In "Plant Biochemistry". Ed. Bonner and J. E. Warmer. Academic Press, N.Y.- London 298-319.

AMORIM, H.V. de, L.C. Scoton, A. de Castilho, F. Pimentel Gomes, 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 E.S.A. "Luiz de Queiroz". 22: 139-152.

ARENS, K. 1958 Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P. nº 224. Botânica nº 15: 25-56.

BLORE, T.W.D. 1965 Some agronomic practices affecting the quality of Kenya coffee. Turrialba, 15: 111-118.

DUBLIN, P. 1963 Le cafeier excelsa en Republique Centrifricaine. Etude de la graine. Cafe, Cacao, Thé, 7: 6-21.

FAIRBANKS BARBOSA, L., F. Pimentel Gomes, P. Parreira, A. de Castilho, H. de Campos, A.A. Teixeira. 1962 Estudos Preliminares sobre a Prova de Xicara do Café. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. SFCC, 1, 38 pp.

GIALLULY, M. 1958 Factors affecting the inherent quality of green coffee. Coffee and Tea Industries, 81: 127-132.

- GRANER, E.A. & C.GODOY JR. 1964 Adubação de Café. VII. Produção, rendimento e qualidade da bebida no segundo ano de colheita (1961). Revista de Agricultura. Piracicaba 39: 61-67.
- JONES, P.A. 1964 Research into problems of coffee quality in Kenya. Turrialba, 14: 182-187.
- KRUG, H.P. 1945 Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. Revista de Agricultura. Piracicaba, 20: 416-426.
- LAZZARINI, W. 1965 Comunicação Pessoal.
- LENTNER, C. e F.E.DEATHERAGE, 1959 Organic acids in coffee in relation to the degree of roast. Food Research. 24: 483-492.
- MALAVOLTA, E. 1951 Práticas de Química Orgânica e Biológica. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba.
- MALAVOLTA, E., F.Pimentel Gomes, T.Coury. 1958 Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. (*Coffea arabica* L., Var. Bourbon Vermelho). E.S.A. "Luiz de Queiroz". Boletim 14, 16 pp.
- NORTHMORE, J.M. 1965 Some factors affecting the quality of Kenya coffee. Turrialba 15: 184-193.
- PIMENTEL GOMES, F. 1966 Curso de Estatística Experimental, 3a edição. Piracicaba, São Paulo. 404 pp + 15 tabelas.
- ROBINSON, J.B.D. 1960 Amber beans. Kenya Coffee, 25: 91-93.
- SIVETZ, M. 1963 Physiological and Psychological Effects of Coffee. In "Coffee Processing Technology". Tge Avi Company, Inc. Westport, Connecticut, 2, 113 pp.
- SMITH, R.F. 1963 Les acides chlorogéniques du café. Cafe, Cacao, The, 7: 245-252.
- SPENCER, M. 1965 Fruit Ripening. In "Plant Biochemistry". Ed. J.Bonner and J.E.Warmer. Academic Press N.Y.-London, 793-825.
- UNDERWOOD, G.E., F.E.DEATHERAGE. 1952a Nitrogen compounds of Coffee. Food Research. 17: 419-424.

- UNDERWOOD, G.E., F.E.DEATHERAGE. 1952b A study of the amino acids of green and roasted coffee including a new method of protein hydrolysis. Food Research 17:425-432.
- URITANI, I., T.Akazana, M.Uritani. 1954 Increase of respiratory-rate in sweet potato tissue infected with black-rot. Nature 174: 1060.
- WALLIS, J.A.N. 1965 Arabica Coffee Management in Kenya. First Session Technical Working Party on Coffee Production and Protections. F.A.O. Brazil. Working paper Ce/65/16.