

DIAGNOSE NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO POR MEIO DA ANÁLISE DE FLORES

MARTINEZ, H.E.P.¹; SOUZA, R.B.²; ABADÍA J.B.³; ALVAREZ V., V.H.⁴ e SANZ, M.⁵

¹ Professora do Dep. de Fitotecnia/UFV, Av. P.H. Rolfs, s/n, CEP 36571-000, Viçosa-MG, <herminia@ufv.br>; ² Bolsista da FUNAPE/CBP&D-Café, Viçosa-MG; ³ Pesquisador da Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Zaragoza/Espanha; ⁴ Professor do Dep. de Solos/UFV, Viçosa-MG; ⁵ Pesquisador do EEAD, CSIC, Zaragoza/Espanha.

RESUMO: A análise de partes da planta com fins de avaliação do estado nutricional das culturas é uma prática largamente utilizada. Nesse contexto, a análise de flores pode permitir o diagnóstico precoce de carências, excessos ou desequilíbrios nutricionais, o que possibilita sua correção antes que ocorram perdas irreversíveis em produtividade e qualidade. O presente trabalho objetivou determinar as faixas de suficiência de nutrientes em flores de cafeeiro, comparar e correlacionar as concentrações de nutrientes em flores e folhas coletadas 90 dias após a antese, bem como correlacionar as concentrações de nutrientes em flores e folhas com a produção de frutos. Para isso, coletaram-se flores e folhas de 130 plantas, em 26 parcelas experimentais, estabelecidas em 9 lavouras com 5 a 9 anos de idade e 3.000 a 5.000 plantas/ha, da região de Viçosa/MG. Selecionaram-se 11 parcelas experimentais com produção média superior a 7 kg/planta de café cereja para o cálculo das faixas de suficiência. Calcularam-se as concentrações e faixas de referência em flores e folhas, os coeficientes de correlação entre as concentrações de macro e micronutrientes, as relações N/P, N/K, K+Ca+Mg, P/Mn, S/Cu e S/Zn e a produção de frutos, bem como regressões múltiplas relacionando a produção média das parcelas e os teores de nutrientes em flores e folhas. As concentrações de N, K, B, Fe e Zn foram semelhantes em flores e folhas, enquanto as de P, Ca, Mg, S, Cu e Mn diferiram entre as partes. Houve correlação entre os teores de N, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu em flores e em folhas. Conclui-se que, além de permitir um diagnóstico precoce, as flores apresentam maior sensibilidade que as folhas para diagnosticar o estado nutricional do cafeeiro.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, macronutrientes, micronutrientes.

NUTRIENT DIAGNOSIS IN COFFEE BY FLOWER ANALYSIS

ABSTRACT: With objectives to determine the coffee tree flower nutrients sufficiency ranges, to compare and to correlate the concentrations of nutrients in flowers and leaves, and to correlate the concentrations of nutrients in flowers and leaves with the fruit yield, flowers and leaves of 26 experimental plots, five plants per plot, were collected. The plots were established in 9 different orchards aging 5 to 9 years and 3000 to 5000 plants/ha, in Viçosa area, Minas Gerais State, Brazil. The

concentrations and ranges of reference were calculated in flowers and leaves; the correlation coefficients between the concentrations of macro and micronutrients and the yield of fruits, as well as multiple regressions relating the mean yield of the plots and the concentrations of nutrients in flowers and leaves. The concentrations of N, K, B, Fe and Zn were similar in flowers and leaves, while the one of P, Ca, Mg, S, Cu and Mn differed among these organs. There was correlation among the contents of N, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu in flowers and in leaves. It is concluded that besides allowing a earlier diagnosis, the flowers present larger sensibility than the leaves to diagnose the nutritional state of the coffee tree.

Key words: *Coffea arabica*, macronutrients, micronutrients.

INTRODUÇÃO

A análise de partes da planta com fins de avaliação do estado nutricional das culturas é uma prática largamente utilizada. Recomenda-se que a coleta de amostras de folhas para diagnóstico do estado nutricional do cafeeiro seja realizada após o florescimento, antecedendo a fase de rápida expansão dos frutos (Martinez et al., 1999), sendo esta realizada, em geral, entre os meses de dezembro e janeiro. A avaliação precoce do estado nutricional por meio da análise de flores seria de grande valia, pois possibilitaria iniciar o ajuste do programa de adubação exatamente no início da estação de crescimento, antes que ocorressem perdas irreversíveis em produtividade e qualidade. Além disso, sendo as flores órgãos de curta duração, onde não ocorrem reações metabólicas tão complexas quanto nas folhas, estas não apresentariam diferenças acentuadas entre a concentração total do nutriente e a fração ativa fisiologicamente (Montañés et al., 1997; Sanz e Machín, 1999). O presente trabalho teve por objetivos: determinar faixas de suficiência de nutrientes em flores de cafeeiro; estabelecer correlações entre as concentrações de nutrientes em flores e folhas; comparar as concentrações obtidas a partir da análise de flores e as determinadas pela análise foliar; e correlacionar teores de nutrientes em flores e folhas de cafeeiro com a produção de frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram tomadas amostras de flores e folhas de 130 plantas em 26 parcelas experimentais (cinco plantas por parcela) estabelecidas em nove propriedades cafeeiras da região de Viçosa/MG. As parcelas experimentais foram selecionadas de modo a obter amostras em lavouras com produtividade alta, média e baixa. As parcelas experimentais foram estabelecidas em talhões homogêneos de 5 a 9 anos de idade, com densidade de plantio de 3.000 a 5.000 plantas/ha. A antese ocorreu no dia

13/09/2000, sendo as flores coletadas num período de quatro dias à partir dessa data. Foram tomadas flores completas, na porção mediana dos ramos produtivos, no terço médio da copa e em todas as faces de exposição cardinal. A amostragem de folhas foi realizada 90 a 95 dias após a antese, empregando-se o procedimento descrito por Martinez et al. (1999). Realizaram-se análises químicas para obter as concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas.

A colheita dos frutos foi realizada no período compreendido entre abril e maio de 2001. Colheram-se 19 das 26 parcelas experimentais previamente estabelecidas (95 plantas), uma vez que sete delas foram inadvertidamente colhidas pelos produtores. A produção obtida (kg/planta de café cereja) foi corrigida segundo o estande, utilizando-se um fator de correção variável de 1,0 (3.000 plantas por hectare) a 1,15 (5.000 plantas por hectare), uma vez que em plantios mais densos a produção por planta é menor. Além da avaliação da produção, aplicou-se um questionário complementar para obter informações sobre os tratos culturais e as fertilizações realizadas no período.

Calcularam-se os coeficientes de correlação entre as concentrações de nutrientes obtidas em folhas e em flores para as 130 plantas amostradas, trabalhando-se com as médias de cinco plantas por parcela experimental. As parcelas experimentais com produções médias superiores a 7,0 kg/planta de café cereja (11 parcelas, 55 plantas) foram selecionadas para o cálculo dos valores de referência, para interpretação de resultados de análises de flores de cafeeiro. Calcularam-se as concentrações e faixas de referência a partir das concentrações de nutrientes em folhas e flores dessas plantas, tomando-se a média (\bar{x}) mais ou menos o erro-padrão da média ($S(\bar{x})$), multiplicado por uma constante (k): $FR = \bar{x} \pm s(\bar{x}) \cdot k$, em que $k = 1$ para os nutrientes cujo coeficiente de variação $CV < 20\%$; $k = 0,8$ para os nutrientes em que $20 \leq CV < 40\%$; e $k = 0,6$ para os nutrientes cujo $CV \geq 40,0\%$. As concentrações de referência (\bar{x}) em flores e folhas foram comparadas por meio de análise da variância e teste de F. Calcularam-se os coeficientes de correlação entre as concentrações de macro e micronutrientes e as relações N/P, N/K, K+Ca+Mg, P/Mn, S/Cu e S/Zn com a produção de frutos (19 parcelas, 95 plantas), bem como regressões múltiplas relacionando a produção média das parcelas experimentais e os teores de nutrientes em flores e folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Faixas de referência para a interpretação dos resultados de análises de flores. Concentrações e faixas de referência foram obtidas com os resultados da análise de flores e de folhas amostradas 90 dias após a antese, sendo a última uma forma de assegurar que as plantas escolhidas como padrões possuíam concentrações foliares de nutrientes consideradas adequadas para a cultura (Quadro 1). As concentrações de N, K, B, Fe e Zn em flores e folhas não foram significativamente diferentes, enquanto as de P, Ca, Mg, S, Cu e Mn diferiram entre esses órgãos. A concentração de P foi

maior nas flores, enquanto as de Mg, S, e Cu foram maiores nas folhas. As concentrações de Ca e Mn em folhas apresentaram concentrações cinco e três vezes mais elevadas que em flores.

Quadro 1 - Concentrações, faixas de referência e coeficientes de variação das concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas de cafeeiro

Nutriente	Concentração média		Faixa de Referência		Coeficiente de Variação	
	Flores	Folhas	Flores	Folhas	Flores	Folhas
	-----dag/kg -----				-----% -----	
N	2,44a	2,29a	2,29 – 2,59	2,03 – 2,55	5,96	11,54
P	0,25a	0,15b	0,24 – 0,26	0,13 – 0,17	4,61	13,43
K	2,21a	2,15a	1,79 – 2,63	1,82 – 2,48	23,9	15,42
Ca	0,17b	0,89a	0,12 – 0,22	0,81 – 0,97	49,17	8,77
Mg	0,18b	0,34a	0,16 – 0,20	0,28 – 0,40	11,01	16,75
S	0,19b	0,22a	0,17 – 0,21	0,20 – 0,24	11,04	11,09
	-----mg/kg -----				-----% -----	
B	20a	22a	17 – 23	16 – 28	16,56	46,46
Cu	11b	20a	8 – 14	14 – 26	42,25	50,21
Fe	74a	72a	59 – 89	66 – 78	19,75	8,37
Mn	72b	218a	44 – 100	119 – 317	64,08	75,65
Zn	9a	10a	7 – 10	8 – 12	20,43	22,62

As concentrações médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Tanto em flores quanto em folhas, os coeficientes de variação obtidos para os macronutrientes foram baixos, na faixa de 5 a 15%, exceção feita aos CVs observados para K e Ca em flores, que foram de 23,90 e 49,17%. No caso do Ca, a elevada variabilidade pode ser resultante das baixas concentrações observadas, da ordem de 0,17 dag/kg. À exceção do Fe, a variabilidade na concentração de micronutrientes sempre foi menor nas flores. Esses resultados estão de acordo com os referidos por Sanz e Montañés (1995) e Sanz e Machin (1999), cujos resultados de análises de flores e folhas de pessegueiro e de flores de macieira revelam maior variabilidade para as análises de folhas; maior variabilidade para os micronutrientes, sobretudo Cu em flores de macieira e Mn e Zn em folhas de pessegueiro; e dentre os macronutrientes, maior variabilidade para o cálcio tanto em flores quanto em folhas. Excetuando os teores de N e Ca, que se apresentam um pouco inferiores aos das faixas de referência indicadas por Martinez et al. (2000) para a região de Viçosa, os teores de nutrientes nas folhas das plantas das 11 parcelas tomadas como padrão são adequados. Cabe ressaltar, que para as concentrações foliares de micronutrientes, houve notável coincidência entre as faixas de referência obtidas no presente trabalho e no trabalho anteriormente referido, o que indica que a seleção de padrões foi adequada.

Correlações entre as concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas. Entre os macronutrientes, as concentrações de nitrogênio e magnésio em flores e folhas apresentaram coeficientes de correlação de 0,79 e 0,84, altamente significativos e que podem ser considerados

elevados para condições de campo, enquanto para P, K, Ca e S não houve correlação entre as concentrações de nutrientes observadas em ambas as partes (Figura 1).

As concentrações de Fe e Mn em flores e folhas de cafeeiro apresentaram coeficientes de correlação elevados e altamente significativos, enquanto para Cu e Zn os coeficientes de correlação foram menores e significativos apenas a 5% de probabilidade. Para o Cu, a relação foi quadrática, ao passo que para os demais elementos foi linear. Verifica-se que ocorre linearidade em concentrações inferiores ao limite máximo dado como adequado pela faixa de referência calculada (Quadro 1, Figura 1), indicando que em plantas com concentrações de Cu acima do ótimo há restrição no transporte do elemento para as flores.

Em flores, houve correlações positivas e altamente significativas ($p=0,01$) entre os seguintes nutrientes: N e P, N e S, K e Ca, K e Mn, Ca e Fe, Mg e S, S e Cu, S e Zn e Zn e B e correlação altamente significativa e negativa entre K e Zn e Zn e Mn. Correlações positivas significativas ($p=0,05$) ocorreram entre N e Mg, P e K, P e S, P e Cu, P e Mn, Ca e Cu, Ca e Mn e Mg e Cu e negativa entre K e B e Mn e B. Para folhas, houve correlações positivas e altamente significativas ($p=0,01$) entre Ca e Mg, Mg e S, S e B, Cu e B, Zn e B, Cu e Zn e correlação altamente significativa e negativa para as combinações K e Ca, K e Mg e Mg e Mn. Correlações positivas e significativas ($p=0,05$) foram verificadas entre P e K, Ca e S, Ca e Zn, Mg e Zn, S e Cu e S e Zn e negativa entre K e S (Quadro 2).

Quadro 2 - Correlações entre as concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas de cafeeiro coletadas 90 dias após a antese

Nutr.	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Flores										
P	0,61**									
K	0,34	0,39*								
Ca	0,08	0,18	0,60**							
Mg	0,49*	0,03	-0,13	0,21						
S	0,52**	0,49*	-0,23	0,05	0,51**					
Fe	-0,29	-0,33	0,06	0,52**	0,00	-0,37				
Cu	0,38	0,39*	0,31	0,44*	0,43*	0,50**	-0,04			
Zn	-0,05	-0,07	-0,79**	-0,38	0,23	0,61**	-0,25	0,03		
Mn	0,17	0,41*	0,82**	0,48*	-0,19	-0,05	-0,23	0,34	-0,60**	
B	-0,05	-0,17	-0,39*	-0,03	0,11	0,15	0,23	-0,17	0,42**	-0,49*
Folhas										
P	-0,37									
K	-0,05	0,40*								
Ca	0,16	-0,03	-0,52**							
Mg	0,16	-0,24	-0,66**	0,83**						
S	-0,36	0,09	-0,39*	0,48*	0,55**					
Fe	0,05	0,09	-0,42	0,26	0,12	-0,12				
Cu	-0,25	0,22	0,15	0,14	0,18	0,49*	-0,12			
Zn	-0,24	0,25	-0,08	0,41*	0,42*	0,49*	0,16	0,84**		
Mn	-0,18	0,13	0,30	-0,30	-0,68**	-0,24	-0,05	-0,02	-0,23	
B	-0,11	0,19	0,08	0,12	0,21	0,59**	-0,19	0,87**	0,70**	-0,12

*, **, Significativo a 5 e 1% de probabilidade.

Muitas dessas correlações expressam interações entre cátions e ânions amplamente conhecidas. Chamam a atenção as correlações positivas entre S e Cu, S e Zn e B e Zn e as negativas entre K e Zn e Mn e Zn. As relações S e Cu e S e Zn não são referidas na literatura como relações importantes para o cafeeiro, mas no presente trabalho ocorrem tanto em folhas quanto em flores. As correlações negativas K e Zn e Zn e Mn são de interesse, uma vez que a carência de Zn é um dos problemas nutricionais comuns ao cafeeiro na região de Viçosa. Sabe-se que a exigência do cafeeiro em potássio é elevada, sendo recomendadas doses que chegam a 450 kg/ha.ano de K₂O (Guimarães et al., 1999), e que, em condições de acidez moderada, que são bem suportadas pelo cafeeiro, tem-se grande disponibilidade de Mn, o que pode agravar e/ou dificultar a correção da carência de Zn. As flores apresentaram maior número de correlações significativas entre nutrientes que as folhas, o que permite supor que esse órgão seja mais sensível que as folhas para expressar as interações entre nutrientes que ocorrem no cafeeiro.

Correlações entre as concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas e a produção. A produção de café cereja não apresentou boa correlação com as concentrações de macro e micronutrientes tomadas individualmente em folhas, nem tampouco com as relações entre nutrientes nesse órgão. Houve, entretanto, correlação negativa entre a produção e as concentrações de P, Ca, K, Cu, S/Zn e K+Ca+Mg em flores e positiva com as relações N/P, N/K, P/Mn e S/Cu nessa mesma parte da planta (Quadro 3).

Quadro 3 - Coeficientes de correlação entre a produção média/planta e os teores de macronutrientes, micronutrientes e relações entre nutrientes em folhas e flores de cafeeiro (médias de 19 parcelas, 5 plantas/parcela)

Nutriente	Folhas	Flores	Relação	Folhas	Flores
N	-0,141	-0,330	N/P	0,138	0,559*
P	-0,374	-0,647**	N/K	0,211	0,494*
K	-0,337	-0,513*	K+Ca+Mg	-0,232	-0,546*
Ca	0,164	-0,582*	P/Fe	-0,144	-0,057
Mg	0,412	-0,047	P/Mn	0,437	0,493*
S	0,251	-0,239	S/Cu	0,570**	0,522**
B	-0,193	0,006	S/Zn	0,499**	-0,517*
Cu	-0,245	-0,486*			
Fe	-0,201	-0,294			
Mn	-0,301	-0,407			
Zn	-0,338	0,334			

*, **, Significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

Ainda que as concentrações de nutrientes tomadas individualmente não apresentem boas correlações com a produção, modelos de regressão múltipla altamente significativos e com elevados coeficientes de determinação se ajustam aos dados de concentração de nutrientes tanto em folhas como em flores. Para flores, um modelo com seis variáveis explica 90% da variação na produção média das plantas, e, para folhas, um modelo com sete variáveis explica 94% dessa variação (Quadro 4).

Em resumo, a análise de flores de cafeeiro mostrou ser uma técnica de diagnóstico precoce do estado nutricional sensível e exequível. Isso não quer dizer que a diagnose floral possa substituir a foliar, uma vez que em solos com baixa CTC, como os que ocorrem na maior parte das regiões cafeeiras do País, a produtividade parece depender predominantemente da adubação do ano corrente, que é feita na estação das águas, a partir do florescimento. Acredita-se que os dois processos de diagnóstico sejam complementares, e, em casos de deficiências ou excessos acentuados, a análise das flores possibilita as correções logo no início do ciclo de crescimento e produção da cultura, permitindo minimizar as perdas tanto em produtividade como em qualidade.

Quadro 4 - Equações de regressão para produção por planta (PROD, kg) em função de concentrações de macro e micronutrientes em flores ou folhas de cafeeiro

Flores	R ²
PROD = 23,65 + 6,54**N - 53,47*P - 3,57**K + 20,00*Ca - 66,18*S - 0,02***Fe	0,90
PROD = 24,09 - 61,16***P - 0,01***Fe	0,83
Folhas	
PROD = 6,99 - 121,01***P + 26,98***Ca - 40,67**Mg + 75,08**S - 0,04*Fe + 0,23**Zn - 0,01*Mn - 0,20***B	0,94

*, **, ***, Significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Além de permitir um diagnóstico precoce, as flores apresentam maior sensibilidade que as folhas para diagnosticar o estado nutricional do cafeeiro. As faixas de referência para a interpretação da análise de flores são: 0,24 a 0,26 dag/kg de P; 1,79 a 2,63 dag/kg de K; 0,16 a 0,20 dag/kg de Mg; 13 a 23 mg/kg de B; 8-14 mg/kg de Cu; 59-89 mg/kg de Fe; 44 a 100 mg/kg de Mn; e 7-10 mg/kg de Zn. As faixas de 2,29 a 2,59 dag/kg de N; 0,12 a 0,22 dag/kg de Ca; e 0,17 a 0,21 dag/kg de S podem ser utilizadas como uma primeira aproximação, devendo, entretanto, ser submetidas a ajustes posteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUIMARAES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V,V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5^a Aproximação. CFSEMF, Viçosa, 1999, p.289-302.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; MENEZES, J.F.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, M.H. Faixas críticas de macro e micronutrientes para o cafeeiro em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I., Poços de Caldas, MG, 2000. Resumos expandidos. v.2. Brasília, Embrapa Café e MINASPLAN, 2000. p.1308-1310.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. & SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. CFSEMF, Viçosa, 1999, p.143-168.

MONTAÑÉS M., L.; VAL, J.; BÉTRAN. J.; MONGE, E.; MORENO, M. A. & MONTAÑÉS, L. Floral analysis: Fresh and dry weight of flowers from different fruit tree species. Acta Horticulturae, 448:233-239. 1997.

SANZ, M. & MONTAÑÉS, L. Flowers analysis as a new approach to diagnosing the nutritional status of peach tree. Journal of Plant Nutrition 18(8):1667-1675. 1995.

SANZ, M. & MACHÍN, J. Aplicación del análisis floral al pronóstico y diagnóstico del bitter-pit. Información Técnica Económica Agraria. 95(2):118-124. 1999.

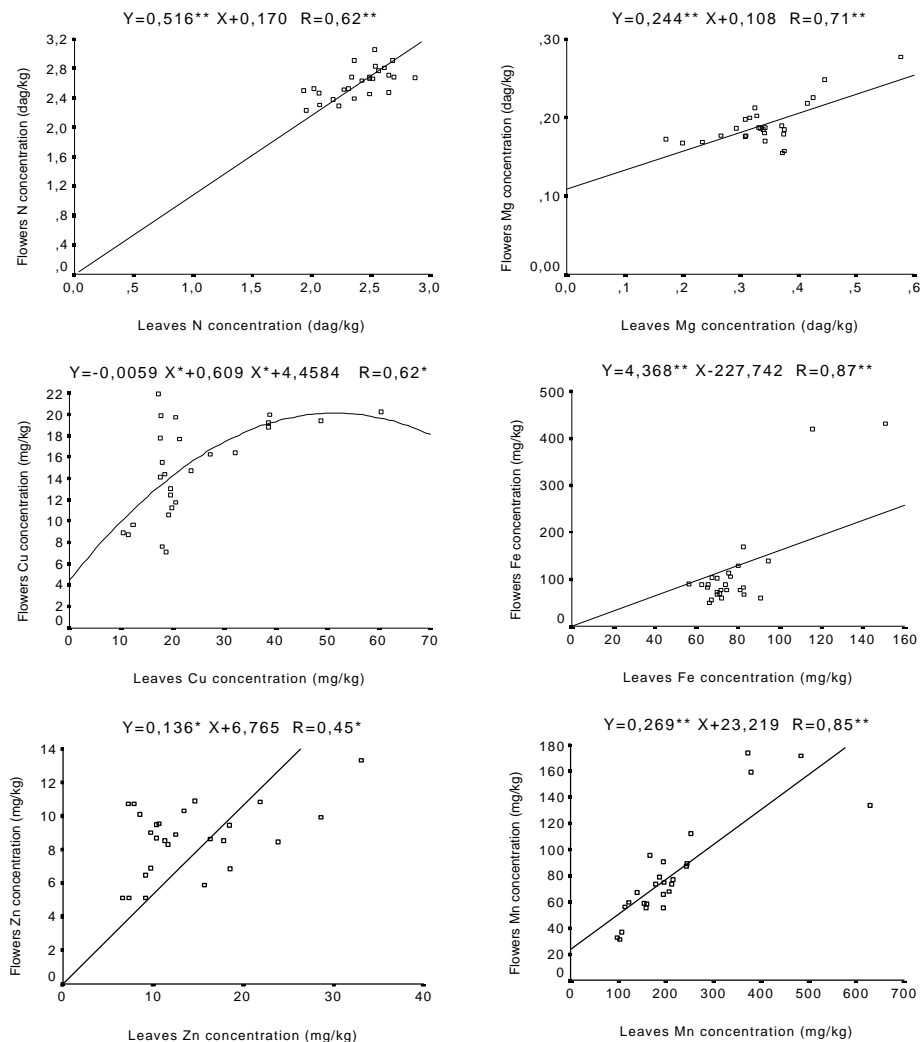


Figura 1 - Relações entre as concentrações de macro e micronutrientes em flores e folhas de cafeeiros coletadas 90 dias após a antese (médias de 26 parcelas, cinco plantas/parcela). *,**, Significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.