

## RESPOSTA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) AO MOLIBDÊNIO E AO COBALTO EM SOLOS DE VIÇOSA E PAULA CÂNDIDO, MINAS GERAIS\*

Alberto Baêta dos Santos  
Clibas Vieira  
Emílio Gomide Loures  
José Mário Braga  
José T. L. Thiebaut\*\*

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos conduzidos em Viçosa e no vizinho município de Paula Cândido, Estado de Minas Gerais, têm mostrado resposta positiva da cultura do feijão à aplicação do molibdênio (5, 7, 10, 12). BRAGA (7), em Viçosa, obteve resposta quadrática à aplicação de molibdênio, com um máximo de produção com 13,5 g de Mo/ha. ROBITAILLE (12) verificou, na mesma localidade, em solos dotados de *Rhizobium phaseoli*, que o molibdênio pôde substituir a adubação nitrogenada em algumas variedades de feijão.

Além de ser essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas superiores, o molibdênio tem também efeito direto, benéfico, na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico (4), o que explica os resultados obtidos por ROBITAILLE (12).

O cobalto é outro elemento importante para a fixação simbiótica do nitrogênio, conforme foi verificado em alfafa (8, 11) e soja (1, 2). Em seringueira, a aplicação de pequena dose de cobalto foi capaz de aumentar significativamente o peso da matéria seca e a altura das plantas (6). JUNQUEIRA NETTO *et alii* (10) observaram, em Paula Cândido, que a produção de sementes e de palha e a altura das plantas de feijão foram aumentadas pela aplicação de cobalto.

Neste trabalho, procurou-se estudar, em condições de casa-de-vegetação, os efeitos do molibdênio e do cobalto sobre a cultura do feijão, noutros solos dos mu-

---

\* Recebido para publicação em 11-09-1978. Projeto n.º 4.1682 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

\*\* Respectivamente, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Prof. Titular, Prof. Titular, Prof. Titular e Prof. Adjunto da U.F.V.

nicípios de Viçosa e Paula Cândido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo foram coletadas na Fazenda São Geraldo, em Paula Cândido (solo 1), na Fazenda Água Limpa, em Viçosa (solo 2), e na Fazenda Bonsucesso, também em Viçosa (solo 3). Essas amostras foram retiradas de uma camada de 20 cm de profundidade. No Quadro 1 encontram-se as análises químicas desses solos.

Como o solo 1 apresentou pH com baixo valor, alto teor de  $Al^{+++}$  e baixo teor de  $Ca + Mg$ , foram feitas correções, incubando-se o solo com corretivo constituído de uma mistura de 4/5 de  $CaCO_3$  e 1/5 de  $MgCO_3$ , em sacos plásticos. Periodicamente o solo foi uniformizado e amostrado para determinação do pH, sendo essa operação repetida até que o pH se mantivesse com valor constante esperado de aproximadamente 6, o que ocorreu 40 dias após a aplicação do corretivo.

O esquema experimental foi um fatorial  $(3 \times 3 \times 3) + 9$ , com três doses de molibdênio, três de cobalto e os três solos e 9 tratamentos adicionais. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições. A relação dos tratamentos e das doses dos nutrientes encontra-se no Quadro 2.

Os tratamentos adicionais, em cada solo, compreendiam duas doses de nitrogênio e o nível menor de nitrogênio com duas doses de molibdênio e duas doses de cobalto. A fonte de molibdênio foi o molibdato de sódio, a de cobalto, o cloreto de cobalto, e a de nitrogênio, a uréia. Os nutrientes molibdênio e cobalto foram aplicados em solução, antes que o solo fosse totalmente umedecido. No Quadro 3 encontra-se a relação dos nutrientes que constituíram a adubação básica, bem como as respectivas doses e fontes.

Com esse plano experimental foram instalados dois ensaios: um que foi colhido 56 dias após a semeadura e outro, no fim do ciclo da cultura. Os experimentos foram instalados em casa-de-vegetação, utilizando-se a variedade de feijão 'Rico-baio 1014'.

Foram utilizados vasos com capacidade para 4 kg de solo, revestidos internamente com sacos plásticos, para evitar possíveis contaminações.

Objetivando a eliminação, sobretudo de rizóbios contaminantes provenientes do campo, as sementes foram previamente desinfetadas com água oxigenada 10% v/v e álcool etílico 96%. Cada tratamento teve a duração de cinco minutos. A seguir, foram feitas três lavagens sucessivas com água esterilizada, para eliminação desses produtos, que, possivelmente, prejudicariam a inoculação.

Após a desinfecção, todas as sementes foram inoculadas com estirpes com 48 horas de idade, cultivadas em meio líquido (manitol-extrato de levedura) (3). O inoculante foi constituído de uma mistura das estirpes SMS-196, SMS-371, SMS-373, SMS-374, SMS-376 e SMS-380 de *Rhizobium phaseoli* (1). Após a inoculação, foram colocadas cinco sementes em cada vaso.

Os vasos foram irrigados com água desmineralizada.

Quando as plantas estavam com as duas primeiras folhas desenvolvidas, fez-se o desbaste, deixando-se duas plantas em cada vaso. Nessa ocasião, fez-se uma segunda inoculação com a mistura de estirpes de rizóbio, para garantir-lhe a presença no solo.

No experimento que foi colhido 56 dias após a semeadura, época de formação das vagens, as plantas arrancadas dos vasos eram lavadas para remoção da terra

---

(1) As estirpes foram gentilmente cedidas pela Seção de Microbiologia do Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo.

QUADRO 1 - Resultados das análises químicas das amostras dos três solos

Solo	pH		ppm		eq. mg/100 g			%	
	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	P(+)	K(+)	Ca + Mg(++)	Al+++(++ )	C	N	C/N
(1: 2,5)									
Org. (+++)									
1	4,7	2	26	26	0,4	1,90	2,79	0,133	20,97
2	5,5	4	90	90	3,5	0,10	2,17	0,161	13,47
3	5,8	9	76	76	4,0	0,00	2,71	0,189	14,33

(+) Extrator: Mehlich

(++) Extrator: KCl 1N

(++) Processo: Walkley Black

QUADRO 2 - Relação dos tratamentos e doses dos nutrientes usados nos três solos

Tratamentos	Mo	Co	N
	(g/ha)	(g/ha)	(kg/ha)
Mo <sub>0</sub> Co <sub>0</sub>	0	0	0
Mo <sub>1</sub> Co <sub>0</sub>	8	0	0
Mo <sub>2</sub> Co <sub>0</sub>	16	0	0
Mo <sub>0</sub> Co <sub>1</sub>	0	0,2	0
Mo <sub>1</sub> Co <sub>1</sub>	8	0,2	0
Mo <sub>2</sub> Co <sub>1</sub>	16	0,2	0
Mo <sub>0</sub> Co <sub>2</sub>	0	0,4	0
Mo <sub>1</sub> Co <sub>2</sub>	8	0,4	0
Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	16	0,4	0
N <sub>1</sub>	0	0	40
N <sub>2</sub>	0	0	80
N <sub>1</sub> Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	16	0,4	40

aderida às raízes. A seguir, todo material vegetal era secado em estufa, a 60°C, durante 48 horas, e depois pesado. Para determinação do teor de nitrogênio da parte aérea, pelo método de micro Kjeldahl (9), essa parte da planta foi moída, tomando-se a precaução de limpar rigorosamente o moinho após a passagem do material de cada tratamento.

Noutro experimento, a colheita foi feita aos 80 dias de idade, quando as plantas completaram o ciclo vegetativo. As sementes produzidas foram pesadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se nos Quadros 4, 5 e 7 os resultados referentes ao peso das plantas secas, teor de nitrogênio na parte aérea e produção de sementes, respectivamente.

Com relação ao peso das plantas, a análise de variância revelou, tanto nos tratamentos com N como nos sem N, diferenças significativas entre solos ( $P < 0,01$ ). O solo 2 apresentou as médias mais altas, ao passo que o solo 1 apresentou as mais baixas. A média referente aos tratamentos com N foi significativamente ( $P < 0,05$ ) menor que a média dos tratamentos sem N, pelo teste de F. Não houve efeito significativo do molibdênio e tampouco do cobalto.

Quanto ao teor de N na parte aérea (Quadro 5), a análise de variância revelou efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) do molibdênio e dos solos e, ainda, que a interação doses de Mo x solos foi significativa ( $P < 0,01$ ) (Quadro 6). Nos tratamentos adicionais, houve efeito significativo dos solos ( $P < 0,01$ ) e dos tratamentos ( $P < 0,05$ ). Pelo teste de F, a média dos tratamentos com N foi significativamente maior que a dos tratamentos sem N ( $P < 0,01$ ).

O solo 1, embora tenha produzido plantas com menor peso, apresentou teor de N na parte aérea que não diferiu significativamente do solo 2, que, por sua vez, produziu as plantas com maior peso. A aplicação de molibdênio não teve efeito

QUADRO 3 - Doses e fontes dos nutrientes que constituíram a adubação básica

Nutrientes	Fontes	Quantidade em mg/4 kg de solo
Fósforo	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	766,67
Potássio	KCl	134,25
Boro	$\text{H}_3\text{BO}_3$	17,14
Manganês	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	48,81
Zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	65,18
Cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	19,35

QUADRO 4 - Peso médio da parte aérea + sistema radicular, em g, quando os feijoeiros apresentavam 56 dias de idade, a contar da semeadura (+)

Tratamentos	Solo 1	Solo 2	Solo 3	Médias
$\text{Mo}_0\text{Co}_0$	14,90	18,16	14,50	15,85
$\text{Mo}_1\text{Co}_0$	14,76	18,48	14,90	16,08
$\text{Mo}_2\text{Co}_0$	13,67	17,84	17,34	16,28
$\text{Mo}_0\text{Co}_1$	14,39	21,03	15,40	16,94
$\text{Mo}_1\text{Co}_1$	14,87	18,81	17,39	17,02
$\text{Mo}_2\text{Co}_1$	15,43	18,63	17,53	17,20
$\text{Mo}_0\text{Co}_2$	13,73	18,52	13,93	15,32
$\text{Mo}_1\text{Co}_2$	15,32	21,35	17,43	18,03
$\text{Mo}_2\text{Co}_2$	15,65	19,25	16,55	17,15
Médias	14,75 c	19,12 a	16,12 b	16,66
$\text{N}_1$	16,44	19,47	18,27	18,06
$\text{N}_2$	15,96	17,91	18,96	17,61
$\text{N}_1\text{Mo}_2\text{Co}_2$	15,32	19,65	17,35	17,44
Médias	15,91 b	19,01 a	18,19 a	17,70

C.V. = 12,1%

(+) Em cada série de médias, os valores seguidos da mesma letra não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

QUADRO 5 - Teor médio de nitrogênio (em mg) da parte aérea dos feijoeiros colhidos com 56 dias de idade, a contar da semeadura (+)

Tratamentos	Solo 1	Solo 2	Solo 3	Médias
Mo <sub>0</sub> Co <sub>0</sub>	227,62	247,16	146,93	207,24
Mo <sub>1</sub> Co <sub>0</sub>	224,91	284,43	197,85	235,73
Mo <sub>2</sub> Co <sub>0</sub>	226,05	233,67	229,32	229,68
Mo <sub>0</sub> Co <sub>1</sub>	252,60	222,05	147,59	207,41
Mo <sub>1</sub> Co <sub>1</sub>	230,41	239,70	204,68	224,93
Mo <sub>2</sub> Co <sub>1</sub>	248,63	243,42	221,93	237,99
Mo <sub>0</sub> Co <sub>2</sub>	242,05	225,11	157,42	208,19
Mo <sub>1</sub> Co <sub>2</sub>	214,38	265,72	226,61	235,57
Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	235,44	250,50	218,99	234,98
Médias	233,57	245,75	194,59	224,64
N <sub>1</sub>	266,78	284,75	164,45	238,66 b
N <sub>2</sub>	294,03	324,58	231,55	283,39 a
N <sub>1</sub> Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	254,38	297,44	218,50	256,77ab
Médias	271,73 a	302,26 a	204,83 b	259,61

C.V. = 12,4%

(+) Em cada série de médias, os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6 - Interação doses de molibdênio x solos, com relação ao teor de nitrogênio (mg) na parte aérea das plantas (+)

Doses de molibdênio g/ha	Solos		
	1	2	3
0	240,76 Aa	231,44 Aa	150,65 Bb
8	223,23 Ba	263,28 Aa	209,71 Ba
16	236,71 Aa	242,53 Aa	223,41 Aa

(+) As médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, ou da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

significativo sobre os solos 1 e 2, mas aumentou significativamente o teor de N na parte aérea dos feijoeiros plantados no solo 3. Isto parece indicar que este solo é deficiente em Mo e que a aplicação deste elemento melhorou a fixação simbiótica do N. Os dados referentes aos tratamentos adicionais mostram, entretanto, que a aplicação de Mo não permitiu que a parte aérea tivesse o teor de N proporcionado



pela aplicação de uréia, sobretudo na dose dupla.

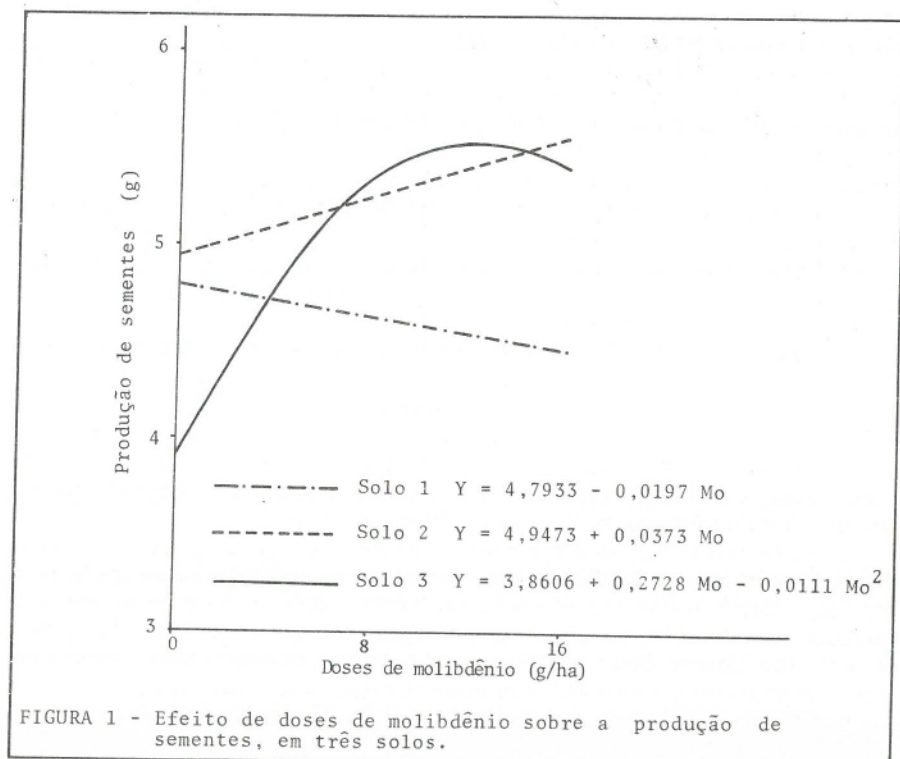
A análise de variância dos dados referentes à produção de sementes (Quadro 7) revelou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do molibdênio e dos solos e, ainda, que a interação doses de molibdênio x solos foi significativa ( $P < 0,05$ ). Houve também diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos adicionais.

QUADRO 7 - Produção média de sementes, em g (+)				
Tratamentos	Solo 1	Solo 2	Solo 3	Médias
Mo <sub>0</sub> Co <sub>0</sub>	5,13	5,27	3,82	4,47
Mo <sub>1</sub> Co <sub>0</sub>	4,95	4,97	5,01	4,98
Mo <sub>2</sub> Co <sub>0</sub>	4,48	5,94	5,74	5,39
Mo <sub>0</sub> Co <sub>1</sub>	4,83	4,48	4,28	4,53
Mo <sub>1</sub> Co <sub>1</sub>	4,47	5,42	4,98	4,96
Mo <sub>2</sub> Co <sub>1</sub>	4,52	5,44	5,48	5,15
Mo <sub>0</sub> Co <sub>2</sub>	4,44	5,05	3,48	4,32
Mo <sub>1</sub> Co <sub>2</sub>	4,46	5,44	6,01	5,30
Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	4,44	5,21	4,93	4,86
Médias	4,64	5,25	4,86	4,92
N <sub>1</sub>	4,33	5,02	3,84	4,40 b
N <sub>2</sub>	5,21	5,95	4,58	5,25ab
N <sub>1</sub> Mo <sub>2</sub> Co <sub>2</sub>	4,75	5,60	6,07	5,47a
Médias	4,76	5,52	4,83	5,04
C.V. = 17,4%				
(+ ) As médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.				

Os efeitos de solos e de doses crescentes de Mo sobre a produção de sementes, bem como a interação doses de Mo x solos, podem ser visualizados na Figura 1. Observa-se, no solo 1, que a produção de sementes foi reduzida com a aplicação de molibdênio, indicando que, possivelmente, este solo continha teor de molibdênio adequado para a cultura e que, com a aplicação de maiores doses, tenha ocorrido efeito de toxidez. No solo 2, o teor deste elemento está aquém das exigências das plantas; com a aplicação de maiores doses, possivelmente se poderá obter produção maior. No solo 3, a maior produção de sementes foi obtida com a dose de 12,3 g de molibdênio/ha, e doses superiores tenderam a causar decréscimo na produção. Este último resultado aproxima-se bastante do de BRAGA (7), que obteve o máximo de produção com a aplicação de 13,5 g/ha. ARAÚJO (5), entretanto, obteve a maior produção com a dose de 19,8 g de molibdênio/ha, aplicada nas sementes por ocasião do plantio.

Os tratamentos adicionais também mostram o efeito do Mo sobre a produção de sementes, pois a média do tratamento N<sub>1</sub>Mo<sub>2</sub>Co<sub>2</sub> não diferiu significativamente da média do tratamento N<sub>2</sub> e suplantou a do tratamento N<sub>1</sub>. Noutras palavras, os micronutrientes (possivelmente apenas o Mo) substituíram o efeito de uma dose de N. Resultado semelhante foi obtido por JUNQUEIRA NETTO *et alii*

(10) em condições de campo, em Viçosa.



Comparando os dados dos Quadros 4, 5 e 7, observa-se que o teor de N na parte aérea e, principalmente, o peso das plantas secas não serviram como possíveis indicadores do efeito do Mo sobre a produção de sementes. O solo 3 foi o único que mostrou efeito do micronutriente sobre o teor de N na parte aérea e sobre a produção. No solo 2, apesar da resposta linear da produção à aplicação de Mo, os feijoeiros não acusaram maior teor de N na parte aérea.

O cobalto não teve influência sobre nenhuma das características estudadas, não se repetindo neste estudo, portanto, os excelentes resultados obtidos com esse elemento, na cultura do feijão, por JUNQUEIRA NETTO *et alii* (10).

Parece que o Co não faz falta aos feijoeiros nos solos de Viçosa. Aparentemente, o experimento de JUNQUEIRA NETTO *et alii* foi instalado em terreno que pode ser considerado excepcionalmente deficiente em Co, o que não seria o normal na área, e/ou as sementes de feijão por eles usadas possuíam reservas extraordinariamente pequenas desse elemento.

#### 4. RESUMO

Dois solos de Viçosa e um de Paula Cândido, Estado de Minas Gerais, foram inoculados com uma mistura de estirpes de *Rhizobium phaseoli* e colocados em vasos, em casa-de-vegetação. Cada um desses solos recebeu três doses de molibdênio (0, 8 e 16 g/ha), na forma de molibdato de sódio, combinadas com três doses de cobalto (0, 0,2 e 0,4 g/ha), na forma de cloreto de cobalto. Ademais, incluíram-se



três tratamentos adicionais para cada solo, compreendendo dois níveis de nitrogênio (40 e 80 kg/ha) e a associação do menor nível de N com as maiores doses de Mo e Co. Depois do desbaste, cada vaso ficou com duas plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) da variedade 'Ricobaio 1014'.

O Mo não teve efeito sobre o peso dos feijoeiros secos, colhidos aos 56 dias depois da semeadura. Num dos solos de Viçosa (solo 3), o Mo aumentou o teor de N na parte aérea das plantas colhidas com aquela mesma idade.

Quanto à produção de sementes, no solo de Paula Cândido ela declinou linearmente com a aplicação de Mo. No solo 2 (de Viçosa), a produção de feijão cresceu linearmente com o aumento das doses de Mo. No solo 3 (de Viçosa) a resposta foi quadrática, obtendo-se a maior produção com a dose de 12,3 g/ha de Mo.

Os tratamentos adicionais mostraram que, na média dos três solos, a combinação de N com Mo e Co permitiu produção de sementes que não diferiu significativamente da obtida com a maior dose de N.

O cobalto não teve influência sobre nenhuma das características estudadas.

## 5. SUMMARY

The effect of molybdenum and cobalt on beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Ricobaio 1014) was studied under greenhouse conditions. Two soils from Viçosa and one from Paula Cândido, Minas Gerais, Brazil, were used.

The treatments included three doses of molybdenum (0, 8, and 16 g/ha) as  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  combined with three doses of cobalt (0, 0.2, and 0.4 g/ha) as  $\text{CoCl}_2$ , both applied directly to the soil as a solution. Three additional treatments were also included: two doses of nitrogen (40 and 80 kg/ha) and an association of 40 kg/ha of N with the largest doses of Mo and Co. Before planting, bean seeds were disinfected and inoculated with a mixture of strains of *Rhizobium phaseoli*.

Cobalt had no effect. In the soil from Paula Cândido bean production decreased linearly with the Mo application. In one of the Viçosa soils the response to Mo was linear and positive, while in the other the response was quadratic, reaching a maximum yield with 12.3 g/ha of Mo.

The production that resulted from the association of N with Mo and Co did not differ significantly from the yield attained with 80 kg/ha of N, but was significantly superior to the yield of the treatment with the smaller dose of N.

## 6. LITERATURA CITADA

1. AHMED, S. & EVANS, H.J. Cobalt: a micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. *Soil Science*, 90(3):205-210. 1960.
2. AHMED, S. & EVANS, H.J. The essentiality of cobalt for soybean plants grown under symbiotic conditions. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 47(1):24-36. 1961.
3. ALLEN, O.N. *Experiments in soil bacteriology*. 3 ed. Minneapolis, Burgess, 1959. 117 p.
4. ANDERSON, A.J. Molybdenum as a fertilizer. *Adv. in Agronomy* 8:163-202. 1956.
5. ARAÚJO, G.A. de A. *Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1977. 30 p. (Tese de M.S.).

6. BOLLE-JONES, E.W. & MALLIKARJUNESWARA, V.R. A beneficial effect of cobalt on the growth of the rubber plant (*Hevea brasilienses*). *Nature*, 179 (4562):738-739. 1957.
7. BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Rev. Ceres*, 19(103):222-226. 1972.
8. DELWICHE, C.C., JOHNSON, C.M. & REISENAUER, H.M. Influence of cobalt on nitrogen fixation by Medicago. *Plant Physiology*, 36(1):73-78. 1961.
9. JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis; advanced course*. Madison, University of Wisconsin, Department of Soil Science, 1956. 894 p.
10. JUNQUEIRA NETTO, A., SANTOS, O.S. dos, AIDAR, H. & VIEIRA, C. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, 24(136):628-633. 1977.
11. REISENAUER, H.M. Cobalt in nitrogen fixation by a legume. *Nature*, 186(4722):375-376. 1960.
12. ROBITAILLE, H.A. Effect of foliar molybdenum sprays on nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rept. Bean Improvement Cooperative*, 18:65. 1975.