

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, Sebastião Ferreira de.

Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à aplicação foliar de doses de boro, molibdênio e zinco / Sebastião Ferreira de Lima.

Lavras : UFLA, 1997.

76 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Adubação foliar. 2. Boro. 3. Zinco. 4. Molibdênio. 5. Nutriente.
6. Micronutriente. 7. Adubação. 8. Produtividade. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-635.652

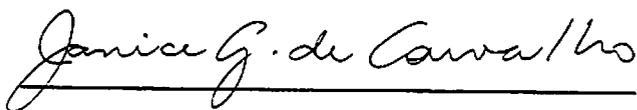
-635.652891

SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA

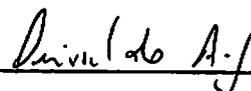
**COMPORTAMENTO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) SUBMETIDO À
APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE BORO, MOLIBDÊNIO E ZINCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

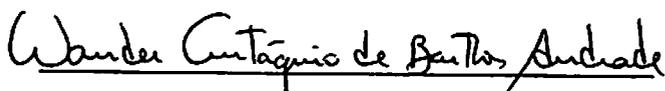
APROVADA em 25 de julho de 1997 :



Prof.^ª Dra. Janice Guedes de Carvalho
(Membro)



Prof. Dr. Orivaldo Arf
(Membro)



Pesquisador Dr. Wander E. de Bastos Andrade
(Membro)



Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade
(ORIENTADOR)

A
minha família, por sempre me apoiar;

A
minha namorada e sua família, que sempre
estiveram ao meu lado;

Aos
meus amigos e colegas;

E
a todos que de alguma forma contribuíram para a
realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos:

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e, em especial, ao Departamento de Agricultura pela oportunidade oferecida;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Técnico de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

Ao professor Messias José Bastos de Andrade, pela orientação, dedicação e amizade durante todo o curso;

À professora Janice Guedes de Carvalho, ao professor Arnaldo Junqueira Netto, ao professor Orivaldo Arf e ao pesquisador Wander Eustáquio de Bastos Andrade pela atenção dispensada e valiosas sugestões para a concretização deste trabalho;

Aos funcionários do Departamento de Agricultura: Manguinho, João, Cipriano e Agnaldo.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	02
2.1 Boro no Solo.....	03
2.2 Boro na Planta.....	05
2.3 Adubação com Boro.....	06
2.4 Molibdênio no Solo.....	08
2.5 Molibdênio na Planta.....	10
2.6 Adubação com Molibdênio.....	12
2.7 Zinco no Solo.....	16
2.8 Zinco na Planta.....	17
2.9 Adubação com Zinco.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Ensaio em casa-de-vegetação.....	21
3.1.1 Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.1.2 Detalhes das parcelas, implantação e condução do ensaio.....	24
3.1.3 Características avaliadas.....	25
3.2 Ensaio de campo.....	25
3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos.....	25
3.2.2 Detalhes das parcelas, implantação e condução dos ensaios.....	26
3.2.3 Características avaliadas.....	27
3.3 Análise estatística.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Ensaio em casa-de-vegetação.....	29
4.1.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração.....	29
4.1.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação.....	31

	Página
4.1.3 Componentes do rendimento.....	33
4.1.4 Teores de macronutrientes nos grãos.....	35
4.1.5 Teores de micronutrientes nos grãos.....	39
4.2 Primeiro ensaio de campo (outono-inverno/96).....	47
4.2.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração.....	47
4.2.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação.....	49
4.2.3 Rendimento de grãos e componentes	52
4.3 Segundo ensaio de campo (águas-96/97).....	55
4.3.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração.....	55
4.3.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação.....	58
4.3.3 Rendimento de grãos, componentes do rendimento e estande final.....	60
5 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Resultados da análise de amostras dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	23
02	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro, por ocasião da floração, no ensaio de casa- de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	29
03	Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	30
04	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação, no ensaio de casa- de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	31
05	Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	33
06	Resumo da análise de variância dos dados relativos aos componentes do rendimento do feijoeiro no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	34
07	Valores médios do número de vagens por planta e número de grãos por vagem do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de- vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	35
08	Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de macronutrientes nos grãos do feijoeiro obtidos por ocasião da maturação no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	36

Tabela	Página
09 Teores médios de macronutrientes nos grãos do feijoeiro obtidos por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	37
10 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de micronutrientes nos grãos do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	39
11 Teores médios de micronutrientes nos grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	41
12 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	47
13 Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio de outono-inverno (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	48
14 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	50
15 Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio de outono-inverno (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	51
16 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos e componentes do rendimento do feijoeiro no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	52
17 Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio de outono-inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	53
18 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	56

Tabela

Página

19	Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas” (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	57
20	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	58
21	Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	59
22	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos, componentes do rendimento e estande final do feijoeiro no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	60
23	Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de cem grãos e estande final do feijoeiro em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
01	Variação diária da precipitação pluvial (mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) durante a condução dos experimentos de campo. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	22
02	Teores de enxofre nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a), e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	38
03	Efeito de doses de boro sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de molibdênio, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	42
04	Efeito de doses de zinco sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de boro, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	42
05	Efeito de doses de zinco sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de molibdênio, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	43
06	Teores de ferro nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a), e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	44
07	Teores de manganês nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a), e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	45
08	Teores de zinco nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a), e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.....	46

Figura		Página
09	Efeito de doses de zinco sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro, em função de doses de molibdênio, no ensaio outono/inverno 1996. UFLA, Lavras-MG, 1996.....	54
10	Efeito de doses de zinco sobre o número de grãos por vagem, em função de doses de boro, no ensaio das “águas” 1996/97. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	62
11	Efeito de doses de boro sobre o peso de cem grãos, em função de doses de molibdênio, no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	63
12	Efeito de doses de boro sobre o estande final no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.....	64

RESUMO

LIMA, Sebastião Ferreira de. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à aplicação foliar de doses de boro, molibdênio e zinco.** Lavras: UFLA, 1997. 77p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).*

Com o objetivo de estudar a resposta da cultura do feijão à aplicação foliar de boro, molibdênio e zinco, foram conduzidos em Lavras-MG, um ensaio em casa-de-vegetação e dois no campo (outono-inverno 96 e “águas” 96/97). Utilizou-se um Latossolo Roxo distrófico fase cerrado do campo experimental do Departamento de Agricultura da UFLA e o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 2 x 3 envolvendo três doses de boro (0, 20 e 40 g/ha de B), duas de molibdênio (0 e 75 g/ha de Mo) e três de zinco (0, 45 e 90 g/ha de Zn), com três (campo) ou quatro (casa-de-vegetação) repetições. A cultivar utilizada foi a Carioca-MG. As fontes foram molibdato de amônio, ácido bórico e sulfato de zinco, sendo a aplicação do molibdênio realizada aos 20 dias após a emergência (DAE) e a de boro e zinco aos 30 DAE, através de pulverizador a pressão constante de CO₂ (45 lb/pol²) e utilizando um volume de calda da ordem de 330 l/ha. Em casa-de-vegetação as parcelas constaram de um vaso com duas plantas. No campo as parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 m, espaçadas de 0,5 m e com 12 plantas úteis/m. Por ocasião do florescimento tomou-se uma planta por vaso (casa-de-vegetação) ou 10 plantas no campo, determinando-se o acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos e folhas. Na maturação, além do acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos, determinou-se ainda, em casa-de-vegetação, o número de vagens/planta, o número de grãos/vagem e os teores de macro e micronutrientes nos grãos; no campo foram obtidos também o rendimento de grãos e seus componentes. Os resultados mostraram que as aplicações de boro e

* Orientador: Messias José Bastos de Andrade. Membros da Banca: Janice Guedes de Carvalho, Orivaldo Arf e Wander Eustáquio de Bastos Andrade.

zinco, nas doses empregadas, afetaram de maneira significativa um número reduzido de variáveis, através apenas de suas interações com o molibdênio. A falta de resposta a boro e zinco, cujos teores no solo eram baixos, foi atribuída a uma possível inadequação das doses empregadas, sugerindo-se que em trabalhos futuros, sejam utilizadas doses mais elevadas. A aplicação de 75 g/ha de Mo proporcionou maior acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos do feijoeiro, o que resultou também em acréscimo no rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos). A dose de 75 g/ha de Mo aumentou o teor de nitrogênio e, por efeito de diluição, reduziu os teores de fósforo, magnésio e boro nos grãos. Os teores de enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro foram influenciados pelas interações entre boro, molibdênio e/ou zinco, mas a baixa precisão experimental tornou difíceis quaisquer inferências, tornando-se necessário, em trabalhos dessa natureza, aumentar o tamanho da parcela.

ABSTRACT

BEHAVIOR OF BEAN PLANTS (*Phaseolus vulgaris* L) UNDER LEAF APPLICATION OF BORON, MOLYBDENUM AND ZINC RATES

With the purpose of studying the response of the bean crop to the leaf application of boron, molybdenum and zinc a trial in greenhouse and two in field were conducted (fall-winter, 1996 and summer 1996/97) at Lavras - MG in a dystrophic Red Dusky Latosol phase cerrado of the Department of Agriculture at the UFLA and the randomized block design in a 3 x 2 x 3 factorial scheme encompassing three rates of boron (0, 20 and 40 g B/ha), two of molybdenum (0 and 75 g Mo/ha) and three of zinc (0, 45 and 90 g Zn/ha). Three (field) or four (greenhouse) replication were utilized. The cultivar utilized was Carioca - MG. The sources were ammonium molybdate, boric acid and zinc sulphate, being application of molybdenum performed at 20 days after emergence (DAE) and that of boron and zinc at 30 DAE, through constant pressure sprayer of CO₂ (45 lb/in²) and utilizing a volume at the order of 330 l/ha. In greenhouse, the plots consisted of a pot with two plants. In the field, the plots consisted of four rows of 5 m, spaced 0,5 m apart and with 12 plants/meter. At flowering, a plant per pot was taken (greenhouse) or 10 plants in the field, assessing the dry matter accumulation in the stalks + branches and leaves. At maturation, in addition to dry matter accumulation in the stalks + branches, leaves, pods and grains, the number of pods/plant, number of grains/pod and contents of both macro and micronutrients in grains were still determined, in greenhouse; in the field, grain yield and their components were also obtained. The results showed that applications of boron and zinc, at the rates employed, significantly affected a reduced number of variables, through only their interactions with molybdenum. Lack of response to boron and zinc, whose contents in the soil were low, was ascribed to a possible unsuitability of the rates applied, suggesting that in future works, higher

doses be utilized. Applying 75 g Mo/ha provided increased dry matter accumulation in the stalks + branches, pods and grains of the bean plant, which resulted also into increase in the grain x yield and their components (pod number/plant, grain number/pod and average weight of one hundred grains). The rate of 75g Mo/ha increased the nitrogen content and, by affect of dilution, lowered the contentes of phosphorus, magnesium and boron in the grains. Contents of sulfhur, copper, manganese, zinc and iron were influenced by the interactions among boron, molybdenum and/or zinc, but the poor experimental accuracy made it difficult any inferences, being necessary, in works like this, to increase the size of plot.

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento de grande importância no Brasil, caracterizando-se como a principal fonte vegetal de proteína para a população. Apesar de sua grande importância, os rendimentos médios de grãos dessa leguminosa no país ainda são muito baixos. Segundo Agroanalysis (1997), a produção brasileira de feijão em 1996 foi de 2,8 milhões de toneladas para uma área colhida de 4,9 milhões de hectares, gerando um rendimento médio de 572 kg/ha.

Em muitas áreas irrigadas, entretanto, a cultura é conduzida a nível empresarial, com índices agronômicos bastante satisfatórios e com grande demanda por tecnologias ou práticas que visem o aumento da eficiência da exploração.

Basicamente, o aumento da produtividade de uma cultura pode ser conseguido de duas maneiras: através do melhoramento genético da espécie ou da melhoria do ambiente onde ela deverá crescer. Com relação a esta segunda alternativa, assume especial importância a adubação, principalmente com micronutrientes, tantas vezes esquecida pelos produtores e negligenciada pelos técnicos.

À exceção de alguns trabalhos recentes com molibdênio, há poucos resultados disponíveis sobre o emprego de micronutrientes na cultura do feijão. Outro problema observado no estudo desses nutrientes no feijoeiro é que grande parte dos trabalhos desenvolvidos geralmente envolvem misturas de micronutrientes, tornando difícil distinguir seus efeitos sobre o processo de fixação simbiótica e sobre a planta do feijoeiro. Por outro lado, somente um número muito reduzido de trabalhos correlacionam os efeitos dos micronutrientes com seus teores na planta ou no solo, o que dificulta o entendimento dos resultados.

O objetivo do presente trabalho foi o estudo da aplicação foliar de boro, molibdênio e zinco na cultura do feijão, através de experimentos em casa de vegetação e campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A maioria dos trabalhos realizados com os micronutrientes boro e zinco em feijoeiro até o momento, tratou da aplicação de suas misturas ou utilizou apenas uma dose, ficando, desta forma, difícil separar o efeito concernente a cada nutriente utilizado.

Na avaliação de 64 experimentos de feijão, que utilizaram misturas de micronutrientes no sulco de semeadura (zinco, cobre, boro e molibdênio) no Estado de São Paulo, Miyasaka, Igue e Freire (1965) e Miyasaka et al. (1966a, b, c, d, e, f, g e 1967a, b) obtiveram efeito significativo das misturas em apenas 11 deles, sendo que o efeito mais notável ocorreu em solo orgânico do Vale do Paraíba, onde os micronutrientes chegaram a aumentar a produção em 110%.

Carvalho et al. (1974), conduzindo seis ensaios em cinco municípios da Bahia com uma mistura de boro, zinco, cobre e molibdênio, obtiveram aumento de produção em apenas um deles.

Novamente no Estado de São Paulo, Nakagawa et al. (1981), no estudo do comportamento de seis cultivares de feijão que receberam fritas FTE BR-12 (zinco, boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio), não observaram respostas na produção, ao passo que Fornasier Filho et al. (1988) obtiveram sucesso com o uso do Quimol (mistura de molibdênio, cobalto, ferro, enxofre e cálcio). Resultado positivo também foi conseguido em Minas Gerais por Garcia (1990), o qual obteve a maior produção de grãos (acréscimo de 45% sobre a testemunha) quando utilizou as doses de 3; 0,75; 9 e 15 g/ha de boro, cobalto, molibdênio e zinco, respectivamente, na forma de mistura de micronutrientes Biocrop-L (10% de zinco, 6% de molibdênio, 2% de boro e 0,5% de cobalto) aplicada via semente.

A falta de resultados conclusivos evidencia, portanto, a necessidade de se obter informações mais pormenorizadas e completas a respeito do assunto (Corrêa, 1984). Além da constatação dos resultados, deve-se considerar, conforme já mencionado, que o uso de

micronutrientes em mistura impossibilita a individualização do elemento responsável pela resposta positiva (Vieira, 1994a e Berger, 1995).

2.1 Boro no solo

O boro é um elemento não-metal de número atômico 5 e massa atômica 10,81 que teve sua essencialidade descoberta em 1923 por K. Warrington (Marschner, 1986 citado por Dechen, Haag e Carmello, 1991b).

A turmalina (3 a 4% de B) é a principal fonte primária de B, respondendo por quase 95% do conteúdo total do elemento nos solos bem drenados de regiões úmidas (Dantas, 1991). Entretanto, Malavolta (1980) não considera a turmalina como a principal fonte deste elemento para as plantas, devido sua alta resistência ao intemperismo, mas assume a matéria orgânica como a sua principal fonte para os vegetais, ou seja, considera que o B passa à solução do solo através desta. Segundo Berger e Pratt (1963), o B é liberado para a solução do solo após a mineralização da matéria orgânica, podendo, a partir daí, seguir vários caminhos, tais como ser absorvido pelas plantas, ser perdido por lixiviação ou ser adsorvido pelos colóides do solo.

O boro é o nutriente que nos solos do Brasil, juntamente com o zinco, frequentemente se mostra mais deficiente (Malavolta, 1980).

Os teores de B total no solo variam acentuadamente, dependendo do tipo de mineral presente e dos teores de matéria orgânica (Dantas, 1991). As concentrações variam de 2 a 100 ug B/g de solo, sendo mais comuns valores na faixa de 7 a 80 ug/g (Krauskopf, 1973), mas o teor de B total não constitui parâmetro adequado para predizer sua disponibilidade para as plantas (Brasil Sobrinho, 1965). Para Berger e Truog (1940), menos de 5% do B total está disponível para as plantas.

Segundo Lopes e Carvalho (1988), de um modo geral, a faixa crítica para o B no solo está entre 0,4 a 0,6 ppm extraídos em água quente. Para Oliveira e Thung (1988) a faixa ótima de B para o feijoeiro vai de 0,5 a 2 ppm (água quente), sendo que teores de 2 ppm já são considerados prejudiciais às plantas, enquanto teores inferiores a 0,15 ppm no solo, extraídos por oxalato de amônio, são insuficientes para nutrição do feijoeiro.

Os fatores que afetam a disponibilidade de B nos solos, de acordo com Dantas (1991) são: pH, matéria orgânica, compostos de ferro e alumínio, tipo de argila, textura, umidade do solo e interações do B com outros íons.

A adsorção de B é altamente influenciada pelo pH, aumentando à medida que o pH aumenta (Barrow, 1989). O ácido bórico é a forma predominante em pH abaixo de 7, e sua adsorção é baixa, devido à baixa afinidade que ele tem com os minerais de argila (Evans e Sparks, 1983).

Segundo Dantas (1991), o controle da disponibilidade do B no solo pode ser feito através da calagem. O pH em água entre 5 e 7 tende a concorrer para uma menor adsorção do B. Como no Brasil busca-se com a calagem atingir valores de pH entre 5,5 a 6,5, nesta faixa, maiores quantidades de B são disponíveis à planta. Entretanto, é importante atentar para um possível empobrecimento dos solos devido à lixiviação e para o desenvolvimento de fitotoxicidade em solos que receberam o elemento em dose acima das necessidades.

Em experimentos realizados no Brasil, já havia sido constatado aumento do boro adsorvido à medida que o valor do pH era elevado. Cruz, Nakamura e Ferreira (1987) confirmaram estes resultados em experimento em que foram proporcionados aumentos no pH de 4,2 para 5,2 e 5,6 através da aplicação de doses crescentes de calcário num Latossolo Vermelho Escuro de textura média.

Howeler, Flor e Gonzalez (1978) observaram que a produção de feijão ficou limitada pela deficiência de B em solos com alto pH na Colômbia e que a aplicação de 2 a 4 kg/ha de B permitiu rendimentos ótimos em até 3 cultivos.

É importante considerar as interações do B com outros íons no solo para que se possa obter maior disponibilidade às plantas. De acordo com Camargo e Silva (1975), altas concentrações de N nítrico ou amoniacal aplicadas ao solo reduzem os teores de B nas folhas, comprovando um provável antagonismo N/B no solo. Para Hadas e Hagin (1972) existem indicativos de que altas concentrações de K no solo concorrem para aumentar a adsorção de B. Isto talvez explique os resultados observados por Reeve e Shive (1944), que verificaram que em baixas concentrações de B no solo a aplicação de K causou aumento nos sintomas de deficiência desse elemento em plantas, os quais foram acompanhados por redução do B absorvido. Em feijoeiros cultivados em solos de várzea, no Estado de São Paulo, Ambrosano et al. (1990) verificaram deficiência de B, provocada, provavelmente, pelo excesso de Ca e Mg.

2.2 Boro na planta

Apesar da concordância de que o Boro é essencial para as plantas, este nutriente não atende ao critério direto de essencialidade, pois não foi ainda identificada a sua presença em nenhum composto ou enzima específica (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). As funções atribuídas ao boro estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares através das membranas, síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fitohormônios, formação de parede celular e divisão celular (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Malavolta (1980) atribui ao boro, ainda, uma influência marcante nos atributos de formação e qualidade dos produtos agrícolas, tais como germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, pegamento da florada, esterilidade masculina e chochamento de grãos.

A absorção de boro na faixa de pH 4,0 - 8,0 ocorre na forma de H_3BO_3 e $H_2BO_3^-$. Dados mostram que a absorção radicular independe da temperatura e é insensível aos venenos respiratórios (cianeto, azida, CO, amital, rotenona e antimicina), o que parece sugerir que se trata de um processo passivo; já a absorção pelas folhas é influenciada pela temperatura, pH, venenos respiratórios e pela concentração de Ca^{+2} na solução. O boro mostra grande imobilidade no floema, característica que reparte com o cálcio (Malavolta, 1980).

Os teores adequados de boro na planta de feijoeiro, no início do florescimento, segundo Wilcox e Fageria (1979) e Rosolem e Marubayashi (1994) variam de 30 a 60 mg/kg.

Segundo Oliveira, Araújo e Dutra (1996) a deficiência de boro (< 30ppm), por se tratar de elemento pouco móvel na planta, é mais severa nas folhas jovens e seus sintomas são: internódios superiores curtos e folhas jovens encopadas e malformadas no ápice; tecido internerval enrugado; tecido da planta quebradiço, rasgando-se facilmente; folhas novas encurvadas para baixo, como se estivessem enroladas; número de ramos nem sempre alterado, mas com tamanho reduzido, conferindo à planta aspecto de uma pequena moita, tipo alface; plantas afetadas com produção reduzida de flores e vagens; plantas mortas antes da floração em caso de deficiência severa; redução de produção; meristema morto e brotos marrons (murchos e em seguida secos). Oliveira, Blanco e Engleman (1982) observaram também que a deficiência deste nutriente afeta o crescimento radicular, a área foliar e o peso seco total, além de atrasar a atividade fotossintética.

Segundo Oliveira, Araújo e Dutra (1996), a deficiência de boro é comum em solos alcalinos e pode ocorrer em solos leves e arenosos, com baixo teor de argila, pobres em matéria orgânica, em áreas lixiviadas ou ainda em solos originados de material pobre em boro, como rochas ígneas ou aquelas formadas de sedimentos lavados. Para Malavolta (1980), a planta necessita de um suprimento contínuo para viver e, para prevenção ou correção da deficiência, o fornecimento de boro deve ser feito, de preferência, via radicular.

Malavolta (1980) destaca que o intervalo entre os teores satisfatórios e os que causam toxicidade é muito estreito. A tolerância relativa das plantas à toxidez de boro parece depender diretamente da velocidade de transporte das raízes para a parte aérea; os sintomas de excesso (clorose malhada e depois manchas necróticas que podem coalescer) coincidem com regiões das folhas onde há maior transpiração e, conseqüentemente, aumento local na concentração de boro no tecido foliar, sendo que, em geral, nas regiões da folha onde não aparecem anormalidades visíveis, a concentração de boro não chega a 100 ppm; é de 100 a 1500 ppm nos sítios onde há clorose malhada e maior que 1500 ppm nas áreas necrosadas.

2.3 Adubação com boro

Em experimentos realizados por Ruschel, Rocha e Penteado (1970) em solo "gray" hidromórfico de Itaguaí (RJ), foram utilizados sementes de feijão com quatro diferentes revestimentos (carbonato de cálcio; fosforita; 50% de carbonato de cálcio + 50% de fosforita e 50% de fosforita + 25% de carbonato de cálcio + 25% de carbonato de magnésio), tendo boro e molibdênio adicionados a cada revestimento, isoladamente e combinados. Os autores verificaram que o boro não influenciou a nodulação, mas aumentou significativamente o nitrogênio total, o desenvolvimento das plantas (na época da floração) e a produção. Estes resultados não comprovam os inicialmente obtidos por Ruschel, Britto e Döbereiner (1966), que verificaram influência positiva deste nutriente na nodulação, quando aplicado na presença da calagem.

Braga (1972) estudou a resposta do feijoeiro "Rico 23" à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. O experimento foi montado em blocos ao acaso, em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, com doses de até 0,69 kg de boro/ha, aplicada sob a forma de bórax, no

fundo do sulco, por ocasião da semeadura, e misturado ao solo. A produção de grãos mostrou resposta linear às doses de B, sendo que na presença da maior dose houve aumento de 30% em relação à testemunha; dentre os nutrientes estudados, o B foi o que mais se destacou no aumento da produtividade.

Estudando nove variedades de feijoeiro em solução nutritiva, Oliveira (1980) observou que em seis delas as concentrações de boro suficientes para garantir a produção máxima situaram-se entre 24-25 ppm.

Oliveira e Kato (1983) estudaram o efeito da aplicação de boro no solo (doses de 0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 e 2,0 kg/ha de boro) sobre o rendimento e nutrição mineral do feijoeiro cv. Rico 23, em Latossolo Vermelho Amarelo franco argiloso. Apesar de não observarem diferenças significativas, o aumento de produção proporcionado pela dose de 1,5 kg/ha de boro foi da ordem de 20%. Os teores de boro na planta variaram de 97 a 117 ppm, correspondendo a concentrações de boro no solo (extraído em água quente) de 0,36 a 1 ppm, respectivamente. Os autores não verificaram nenhum efeito das doses de B sobre os teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas.

Com o objetivo de verificar os efeitos de boro, molibdênio e zinco aplicados via semente no feijoeiro, Mendes (1984) utilizou um Latossolo Vermelho Escuro distrófico e doses de boro de 0; 3; 6 e 9 g/ha (fonte ácido bórico). Concluiu que para este elemento os níveis mais baixos foram os mais eficientes, ou seja, obteve os melhores resultados com 3 g/ha de boro.

Recentemente, Silveira, Dynia e Zimmermann (1996), em um estudo com boro, molibdênio e zinco aplicados no sulco, em mistura com a adubação básica de semeadura do feijão, verificaram que o rendimento e o número de plantas/m decresceram linearmente com o aumento das doses de boro (1,75; 3,50 e 5,25 kg/ha) aplicadas na forma de ácido bórico (17,5% de B).

As recomendações disponíveis para a aplicação do boro variam muito: Wilcox e Fageria (1979) recomendam 10 a 15 kg/ha de bórax (10,6% de B) aplicados no sulco de plantio ou 1-2 kg do mesmo produto em 500 l de água para aplicação foliar. Rosolem (1987) recomenda 10 a 20 kg/ha de bórax na mistura de adubos. Já Oliveira e Thung (1988) recomendam, após o diagnóstico da deficiência em campo, aplicação foliar de bórax na concentração de 0,2%, solubor (20% de B) na concentração de 0,1% ou ácido bórico (17% de B) na concentração de 0,1-0,2%. A Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Comissão..., 1989) sugere, em caso de deficiência, a adição de 1 kg/ha de boro à adubação de semeadura.

Com relação ao boro, a maioria das recomendações são feitas para solos onde já foi constatado deficiência, não levando em consideração o teor inicial do solo. Recomendações mais recentes no Estado de São Paulo (Raij et al., 1996) já levam este aspecto em consideração, sendo recomendada a aplicação de 1,0 kg/ha de boro quando o teor no solo (extraído por água quente) for inferior a 0,21 mg/dm³, no caso do feijoeiro.

2.4 Molibdênio no solo

O molibdênio é um micronutriente aniônico de número atômico 42 e massa atômica 95,95 que teve sua essencialidade descoberta em 1938 por D.I. Arnon e P.R. Stout (Marschner, 1986, citado por Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Talvez seja o elemento menos abundante no solo e o menos exigido pelas culturas, sendo as crucíferas e leguminosas as mais exigentes (Malavolta, 1980). Para Dechen, Haag e Carmello (1991a) é o nutriente mais estudado no Brasil, em relação à cultura do feijão.

A ocorrência do Mo no solo, segundo Davies (1956) pode se dar nas seguintes formas: a) não disponível (retido no interior da estrutura de minerais primários e secundários), b) condicionalmente disponível ou trocável (retido nas argilas como MoO_4^{2-} e disponível em função do pH e do nível do fósforo assimilável), c) na matéria orgânica e d) solúvel em água (teores extremamente baixos e disponível para as plantas).

O Mo ocorre no solo em concentração média de 2 ppm. O teor deste elemento nos solos brasileiros varia entre 0,06 e 6 ppm, enquanto o disponível encontra-se na faixa de 0,1 a 1,4 ppm (Malavolta, Boaretto e Paulino, 1991). Oliveira e Thung (1988) consideram que o nível crítico de Mo no solo situa-se abaixo de 0,15 ppm, enquanto Lopes e Carvalho (1988) estabelecem o intervalo de 0,1 a 0,2 ppm de Mo (extração com oxalato de amônio pH 3,3), como a faixa crítica para este nutriente no solo.

Os fatores que mais afetam a disponibilidade de Mo nos solos são os teores de argila, de óxidos de ferro e de alumínio, matéria orgânica, pH, potencial redox e interação com outros nutrientes (Santos, 1991). Tal comportamento assemelha-se ao que ocorre com o fósforo (Siqueira, 1976).

O pH do solo tem sido considerado como o fator de maior influência na disponibilidade do Mo. A disponibilidade do elemento aumenta com o pH do solo, aparentemente porque o MoO_4^{2-} fixado é deslocado dos sítios de troca pela hidroxila (Malavolta, 1980), razão pela qual a calagem pode, muitas vezes, corrigir a deficiência do nutriente.

Franco e Day (1980) verificaram que em solos ácidos (pH = 5,1), sem calagem, houve pouca fixação de N, pouco crescimento das plantas e falta de resposta à aplicação de Mo; com pH entre 5,3 e 6,0 o Mo aumentou o crescimento e a fixação de N e com pH superior a 6,0, as plantas cresceram bem, houve abundante fixação de N, mas não houve resposta ao Mo.

Em dois solos do Estado de São Paulo, um Podzólico Vermelho-Amarelo e outro Latossolo Vermelho Escuro, Catani, Alcarde e Furlani (1970), estudando a adsorção de Mo, verificaram que o fenômeno era afetado pela concentração do elemento e pelo pH. Com o aumento da concentração de Mo, aumentava a adsorção e com a elevação do pH, a adsorção era reduzida.

Siqueira e Veloso (1978) verificaram que a disponibilidade de Mo foi bastante influenciada pela adsorção em solos com pH baixo, tendo sido máxima a pH (em água) em torno de 4,0, reduzida com a elevação do pH e ficando muito pequena acima do valor 6,0. Nestes solos estudados era predominante a presença de latossolos, em cuja fração argila está presente a caulinita, que tem relevante papel na adsorção de Mo.

Segundo Santos (1991), a literatura internacional refere-se ao MoO_4^{2-} como sendo o ânion predominante nos solos e o mais importante para a nutrição de plantas. Horowitz (1978) observou que, em condições de pH 4,2 a 5,9, o Mo presente nos horizontes superficiais do solo deve existir principalmente como ânion HMoO_4^{1-} ; o ânion MoO_4^{2-} passaria a ser predominante em pH superior a 6,0-6,2 e, a valores mais baixos e em condições aeróbicas, seria esperada uma predominância do cátion MoO^{2+} .

Embora as possibilidades de ocorrer deficiências de Mo sejam mais prováveis em solos ácidos, elevada absorção pelas plantas pode ocorrer em solos com pH menor que 5,0, desde que o conteúdo de matéria orgânica seja alto. É possível que as formas orgânicas protejam o Mo, evitando a formação de compostos insolúveis que reduzem-lhe a disponibilidade em condições ácidas (Mitchel, 1965 citado por Horowitz, 1978).

2.5 Molibdênio na planta

Batels, em 1930, estabeleceu as funções do Mo nos processos fisiológicos ao demonstrar que esse elemento era indispensável para *Azotobacter* na fixação do nitrogênio atmosférico (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Também Franco e Döbereiner (1967) relataram que o Mo é indispensável à fixação simbiótica de N nos nódulos radiculares do feijoeiro.

As funções mais importantes do Mo nas plantas estão associadas com o metabolismo do nitrogênio, mais precisamente com a atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (Barbosa Filho, 1987 e Dechen, Haag e Carmello, 1991b).

A nitrogenase catalisa a redução do N_2 atmosférico a NH_3 , reação pela qual o *Rhizobium* dos nódulos radiculares supre de nitrogênio a planta hospedeira (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Por esta razão, as plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência de Mo, ficam carentes de N e desenvolvem sintomas de deficiência característicos deste elemento (Ruschel, 1974). De acordo com Malavolta (1980) o complexo enzimático da nitrogenase é constituído por dois componentes: o componente II, que possui duas sub-unidades, com quatro átomos de ferro, e o componente I, com quatro sub-unidades, 24 átomos de ferro e um pequeno cofator com dois átomos de Mo.

A necessidade de Mo pelo feijoeiro talvez esteja mais relacionada à atividade da redutase do nitrato, uma vez que seu sistema de fixação é de baixa eficiência (Santos, 1991). A redutase do nitrato (ou nitrato-redutase) é uma flavoproteína que possui Mo como grupo prostético e cuja síntese é reduzida pela presença de Mo e NO_3^- no meio (Malavolta, 1980). Segundo Dechen, Haag e Carmello (1991b) esta enzima catalisa a redução biológica do NO_3^- a NO_2^- que é o primeiro passo para a incorporação do N, como NH_2 , em proteínas. Por outro lado, de acordo com Malavolta (1980) e Oliveira (1980), evita o acúmulo de NO_3^- em plantas alimentícias e forragens, impedindo a combinação do mesmo com a hemoglobina do sangue e a produção de meta-hemoglobina que, por não funcionar como transportadora de O_2 , causa deficiência de oxigênio em pessoas e animais.

Segundo Malavolta (1980), é possível a existência de outras funções para o Mo, já que em plantas deficientes aparecem menores teores de ácido ascórbico (vitamina C) e açúcares.

A absorção do Mo, quando o pH do meio é igual ou maior que 5, ocorre predominantemente na forma de molibdato (MoO_4^{2-}) (Malavolta, 1980) e pode ser diretamente influenciada, segundo Malavolta (1980) e Santos (1991) por: a) sinergia, onde o aumento da concentração de fósforo no substrato conduz a uma maior absorção e transporte do Mo das raízes para parte aérea; b) inibição competitiva, no caso do enxofre (nutrientes competindo pelo mesmo sítio do carregador); c) inibição não competitiva, no caso do cobre (em que o inibidor se combina com o sítio não ativo do carregador). Santos (1991) ainda cita o efeito do ferro e do alumínio reduzindo a absorção de Mo em solos ácidos, devido à adsorção. Com relação ao fósforo, Gonzales et al. (1974) citam que o fosfato proporcionou decréscimo na adsorção de Mo quando a relação P:Mo era superior a 10:1 e, de acordo com Santos (1991), uma maior atenção deve ser dispensada à aplicação do superfosfato simples, que pode provocar efeito antagônico ou de inibição competitiva, devido à presença de enxofre

Acredita-se que o Mo seja absorvido metabolicamente, sendo moderadamente móvel na planta; entretanto, a forma como ele se desloca não é conhecida (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Apesar de já ter sido classificado como parcialmente imóvel quando aplicado às folhas (Malavolta, 1980), apresenta respostas e é recomendado em culturas como feijão, citrus, couve-flor, repolho, entre outras.

Os teores de Mo em plantas variam desde 0,02 ppm (deficientes) a até mais de 20 ppm, sendo considerados valores normais os encontrados entre 0,1 e 1,0 ppm (Santos, 1991).

Os sintomas de deficiência de Mo em leguminosas são frequentemente semelhantes aos de deficiência de nitrogênio, havendo dificuldade em estabelecer-se diferenças (Hewitt, 1956). Com três gerações sob condições de deficiência, as plantas apresentam folhas verde-pálidas que se tornam mosqueadas entre as nervuras, com rápido desenvolvimento de grandes áreas chamuscadas, irregulares, de cor parda, ainda entre as nervuras. As margens dos folíolos secam, e depois as folhas também secam e caem. O florescimento é suprimido (Hewitt, 1956). Para Malavolta (1980) e Oliveira (1980) a deficiência pode levar ao acúmulo de nitrato nas folhas em níveis tóxicos.

A deficiência de Mo ocorre sob condições de solos ácidos, onde quantidades altas de Mn^{2+} e Al^{3+} são absorvidas, sendo, por isso, frequentemente acompanhada por efeitos tóxicos de manganês e de alumínio (Dechen, Haag e Carmello, 1991a).

Sintomas de toxicidade de Mo não são frequentemente encontrados em condições de campo, mas os animais são bastante sensíveis a concentrações altas de Mo e, quando se alimentam de plantas que apresentam teor do elemento superior a 5 ppm, é frequente a ocorrência de toxicidade, conhecida por molibdose ou tetania dos pastos. O excesso de Mo na dieta parece interferir na absorção e utilização do cobre, induzindo sua deficiência no animal (Dechen, Haag e Carmello, 1991a). Segundo Franco e Döbereiner (1967), embora o Mo seja essencial para o processo simbiótico, seu excesso pode prejudicar mais a fixação biológica do N do que o desenvolvimento das plantas.

2.6 Adubação com molibdênio

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos procurando determinar a influência e os melhores níveis de Mo para o feijão. Ruschel, Rocha e Penteado (1970), Sims, Sigafus e Tiaranan (1974) e Araújo (1977) verificaram que o uso do Mo em peletização ou em combinação com outros nutrientes em formulações, influencia a produtividade do feijoeiro. Os primeiros autores trabalhando em solo arenoso (“Gray” hidromórfico) de Itaguaí-RJ, verificaram que o Mo aplicado como revestimento da semente, na presença de B, aumentou a produção do feijoeiro.

Braga (1972), em um solo de Viçosa, utilizando a cultivar de feijão Rico 23, obteve uma resposta quadrática, atingindo o máximo de produção com 13,5 g/ha de Mo aplicadas na forma de molibdato de sódio no sulco de semeadura; com doses maiores, verificou efeito tóxico.

Junqueira Netto et al. (1977) obtiveram, em Paula Cândido, aumento de 130% no rendimento quando aplicaram 12,9 g/ha de Mo via sementes. Em Viçosa, entretanto, obtiveram efeito somente quando associado ao P, N e Co. Também em Paula Cândido, Santos et al. (1979), com experimento em vaso, observaram efeito negativo do Mo com as doses de 8 e 16 g/ha aplicadas em solução sobre o solo, enquanto em Viçosa as maiores produções foram obtidas com 12,3 g/ha num solo e 16 g/ha em outro.

Em Lavras-MG, Barbosa Filho et al. (1979) observaram que a aplicação de Mo, via semente, aumentou a porcentagem de N nos grãos em 11,84%, provavelmente devido à maior

eficiência da nodulação na fixação biológica do N, pela maior atividade da nitrogenase ou pela maior atividade da redutase do nitrato.

Corrêa (1984), estudando o efeito da aplicação de Mo e Co, via semente, sobre o feijoeiro comum, verificou que a maior produção, com acréscimo no rendimento de 65,7% quando comparado à testemunha, foi obtida com 14 g/ha de Mo e 0,6 g/ha de Co, doses que também aumentaram o teor de N na folha, a altura da planta e o peso de matéria seca da parte aérea. Também verificou que 14 g/ha de Mo, com inoculante, já eram suficientes para aumentar a produção.

Em estudo para verificar a melhor forma de aplicação de Mo (no solo ou por via foliar) na cultura do feijão e a concentração de Mo na semente para suprir todo o Mo necessário ao crescimento e desenvolvimento da planta, Jacob Neto e Franco (1986), verificaram que a aplicação foliar foi mais eficiente que a aplicação no solo, para aumentar a concentração do Mo nas sementes. Dependendo do nível de Mo aplicado e do método usado, o conteúdo de Mo nas sementes variou de 0,5 a 19,1 µg/semente. De acordo com os mesmos autores, a resposta só ocorrerá se a semente utilizada tiver menos que 3,5 µg de Mo/semente, quantidade requerida para garantir a simbiose e a nutrição da planta. Segundo Rosolem (1996), sementes com este teor de Mo podem ser obtidas através da pulverização da cultura produtora de sementes com Mo, após o florescimento.

Segundo Oliveira e Thung (1988), a aplicação de Mo em pequenas quantidades, sozinho ou combinado a elementos como o cálcio, boro, cobalto, cobre e fósforo, têm proporcionado aumentos na produção, no número de nódulos, nos teores de nitrogênio, proteínas, aminoácidos, carboidratos, caroteno, clorofila e ácido ascórbico; a aplicação de Mo aumenta também a porcentagem de N e P nas folhas e, quando aplicado na ausência de P, aumenta a concentração de potássio nos talos e vagens.

Vieira, Nogueira e Araújo (1992), em estudos realizados na Zona da Mata de Minas Gerais, na localidade de Viçosa, constataram que a aplicação foliar de 20 g/ha de Mo, na mesma época da cobertura nitrogenada, proporcionou aumento na produtividade da ordem de 200%. Quando associado à adubação nitrogenada, a mesma dose de Mo trouxe um acréscimo adicional de 19% ao rendimento de grãos. Também verificaram que o micronutriente elevou o teor de N nas folhas. Para esses autores, a aplicação de Mo nessas condições pode suplementar ou substituir a adubação nitrogenada em cobertura.

Em Viçosa e Coimbra (MG), Berger, Vieira e Araújo (1993) estudaram o efeito de doses de Mo aplicadas via foliar, 25 dias após a emergência dos feijoeiros e obtiveram efeito quadrático. As maiores produções foram atingidas com doses de 90 e 78 g/ha, com aumentos no rendimento de 54 e 184%, respectivamente. Berger et al. (1993) conseguiram aumentos de produção de 17 e 35%, nas mesmas localidades, atingindo maiores produções quando o Mo foi aplicado aos 24 e 19 dias após a emergência, respectivamente.

Em duas épocas de semeadura e esquema fatorial 2^2 , envolvendo dois níveis de N em cobertura (0 e 30 kg/ha de N) e dois níveis de Mo foliar (0 e 20 g/ha de Mo) aplicados aos 25 dias após a emergência dos feijoeiros, Andrade et al. (1993) obtiveram, no município de Lavras, os seguintes resultados: no outono-inverno, com a utilização de um solo corrigido (pH = 5,8), verificaram efeito significativo apenas do N em cobertura; nas “águas” (pH = 4,7), constataram significância da interação N cobertura x Mo foliar. As aplicações individuais de N em cobertura ou de Mo foliar proporcionaram aumentos de rendimento da ordem de 30 a 40%, enquanto a adição simultânea de ambos não representou vantagem adicional. Estes resultados também comprovam os obtidos anteriormente por Vieira, Nogueira e Araújo (1992), em que a aplicação de Mo pode substituir a nitrogenada em cobertura.

Novamente nos municípios de Viçosa e Coimbra, foram conduzidos três ensaios em parcelas subdivididas, estudando 17 cultivares de feijão na sub-parcela e os seguintes tratamentos nas parcelas: 0 (sem N e sem Mo); N + N (20 kg/ha de N na semeadura, e 30 kg/ha de N em cobertura) e N + Mo (20 kg/ha de N na semeadura e Mo foliar, 20 g/ha de Mo, aos 25 dias após emergência). Verificou-se que N + N e N + Mo aumentaram o rendimento das cultivares utilizadas em 38% e 53%, respectivamente, em relação à testemunha. Foram também verificados aumentos significativos no teor de N das folhas e no peso de cem sementes (Amane et al., 1993 e Amane, 1994).

Em trabalho conduzido em Lavras, Diniz (1995) estudou um fatorial $3 \times 2 \times 2$, envolvendo três níveis de adubação nitrogenada na semeadura (0, 20 e 40 kg/ha de N), dois níveis de adubação nitrogenada em cobertura (0 e 30 kg/ha de N) e dois níveis de adubação molibídica foliar (0 e 40 g/ha de Mo). Houve efeito significativo dos três fatores sobre o rendimento de grãos e seus componentes, mas as interações não foram significativas. A aplicação foliar de Mo (40 g/ha de Mo) aumentou significativamente o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e o peso de cem sementes, assim como os teores foliares de N, cálcio e magnésio. A cultivar

empregada foi a Carioca-MG e o aumento da produtividade em função do Mo foliar foi de até 40%, da mesma magnitude que o acréscimo devido ao N em cobertura.

Alvarenga (1995) estudou a resposta do feijoeiro à aplicação foliar de Mo (40 g/ha de Mo) em relação a diferentes formas de aplicação de N (sem N, N semeadura + N cobertura, inoculação com *Rhizobium*, e inoculação + N cobertura). A interação N x Mo foi significativa para peso de cem sementes, índice de colheita e matéria seca de flores + vagens. O Mo proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimo de 91% na produtividade, efeito superior ao do N em cobertura (48%) e comparável ao acréscimo propiciado pelo tratamento N semeadura + N cobertura (93%).

Em trabalho mais recente, Silveira, Dynia e Zimmermann (1996) estudaram, em Latossolo Vermelho-Amarelo do município de Jussara (GO), a resposta do feijoeiro de pivô central a diferentes doses de boro (1,75; 3,5 e 5,25 kg/ha de boro na forma de ácido bórico - 17,5% de B), zinco (4,6; 6,9 e 9,2 kg/ha de zinco, na forma de sulfato de zinco - 23% de Zn) e molibdênio (0,27; 0,54 e 0,81 kg/ha de Mo, na forma de molibdato de amônio - 54% de Mo), aplicadas no sulco em mistura com a adubação básica de semeadura. O Mo foi aplicado ainda via foliar nas doses de 10, 20 e 30 g/ha. Verificaram que o rendimento e o peso de cem grãos aumentaram linearmente com o aumento das doses de Mo aplicadas ao solo, mas a aplicação foliar não teve o mesmo efeito.

Em experimento fatorial 5x4 realizado em três épocas de semeadura, Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) estudaram cinco cultivares e quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha de Mo) aplicadas via foliar aos 25 dias após a emergência, tendo como fonte o molibdato de amônio; no período da seca, em função do pH mais elevado, não houve efeito significativo das doses de Mo sobre nenhuma característica avaliada, mas nas águas e outono-inverno houve efeito quadrático das doses de Mo sobre o rendimento de grãos, com pontos de máximo entre 76 e 81 g/ha de Mo. O efeito sobre o número de vagens por planta, principal componente do rendimento, foi linear no outono-inverno e quadrático nas águas (máximo com as doses de 66 g/ha de Mo). O índice de colheita respondeu linearmente nas águas e o peso de cem grãos mostrou efeito quadrático, com máximo de 75 g/ha de Mo no inverno. De acordo com os autores, é possível se aumentar as atuais doses empregadas (de 20 a 40 g/ha de Mo) para 70 g/ha de Mo em aplicações foliares na cultura do feijão.

As recomendações de Mo disponíveis na literatura para a cultura do feijão são diversas. Wilcox e Fageria (1979) recomendam 0,5 - 1,0 kg/ha de molibdato de amônio (54% de Mo) aplicado no solo e 0,25 - 0,5 kg em aplicação foliar. A mesma dose no solo é indicada por Rosolem (1987), para o molibdato de sódio (0,5 a 1,0 kg). Vieira (1994a) recomenda 20 a 40 g/ha de Mo na forma de molibdato de amônio ou molibdato de sódio, aplicadas em misturas de adubos, nas sementes ou nas folhas. Berger (1995) relata que o período de 14 a 28 dias após a emergência e doses de 80 a 90 g/ha de Mo são as recomendações mais favoráveis à produção do feijoeiro, sendo que a pulverização foliar pode ser mais eficiente do que a peletização de sementes, dependendo da cultivar e fertilidade do solo.

2.7 Zinco no solo

O zinco é um metal de número atômico 30 e massa atômica 65,38 que teve sua essencialidade descoberta em 1926, por A.L. Sommer e C.B. Lipman (Marchner, 1986 citado por Dechen, Haag e Carmello, 1991b).

A ocorrência de Zn se dá principalmente em minerais ferromagnesianos, assim como nos sítios de troca de minerais de argila e matéria orgânica nas formas de Zn^{2+} , $ZnOH$ ou $ZnCl^+$ (Mengel e Kirkby, 1987). Segundo Collins (1970), a concentração de zinco na solução dos solos é geralmente baixa, chegando a ser, em solos calcários, menor que 2 ppb. Para Stevenson e Ardakani (1972), cerca de 75% do zinco da solução do solo está na forma de complexos orgânicos.

O teor médio de zinco no solo é de 50 ppm, entretanto teores situados na faixa de 4 a 20 ppm são considerados suficientes para as culturas (Oliveira e Thung, 1988). Os teores total e solúvel, para os solos brasileiros, de acordo com Malavolta (1980), encontram-se nas faixas de 10 a 250 ppm e 1 a 50 ppm, respectivamente. A faixa crítica de Zn no solo, segundo Lopes e Carvalho (1988) é de 0,8 a 1,00 ppm, determinados pelo extrator Mehlich 1.

Segundo Souza e Ferreira (1991), os fatores que afetam a disponibilidade do Zn no solo são: pH, fixação pelos minerais de argila e óxidos de ferro e alumínio, precipitação pelo fosfato, matéria orgânica e lixiviação.

Com relação ao pH, Malavolta et al. (1974) afirmam que a disponibilidade é maior em pH abaixo de 5,5, sendo mínima na faixa entre 5,5 a 7,0, a partir da qual se verifica a formação de zinco de cálcio insolúvel. Segundo Souza e Ferreira (1991) a solubilidade do zinco e de seus compostos decresce 100 vezes para cada unidade de aumento do pH, sendo que este efeito é mais marcante em solos ricos em caulinita, sesquióxidos de Fe e Al e matéria orgânica (elevada carga dependente de pH), como ocorre em solos brasileiros.

Segundo Malavolta et al. (1974), na fixação pelos minerais de argila, quanto maiores forem os seus teores, maior será a fixação, com as argilas caulínicas adsorvendo menos; neste caso, o Zn pode deslocar o Mg, ocupando seu lugar e tornando-se de difícil aproveitamento pelas plantas. Na precipitação pelo íon fosfato ocorre a formação de fosfato de zinco insolúvel, o que faz com que haja diminuição na disponibilidade do elemento.

A matéria orgânica, segundo Souza e Ferreira (1991), forma quelatos menos solúveis, principalmente os ácidos húmicos, formando complexos de alta estabilidade com o zinco. Ainda de acordo com os mesmos autores, o zinco é lixiviado, particularmente em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e sujeitos a elevadas precipitações, mas sempre nos primeiros centímetros é que se encontram os teores mais elevados.

2.8 Zinco na planta

A participação mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas, tais como: desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfotransferases. Existem evidências de que o zinco tem influência na permeabilidade de membranas e é estabilizador de componentes celulares (Dechen, Haag e Carmello, 1991b). Segundo Malavolta (1980) e Barbosa Filho (1987), o zinco é essencial para a síntese de triptofano, precursor do ácido indol acético (AIA), hormônio vegetal promotor do crescimento. De acordo com Malavolta (1980), plantas deficientes em zinco mostram diminuição na síntese de proteína, refletindo em dificuldade no processo de divisão celular.

As espécies vegetais mostram, com relação à capacidade de absorção foliar de zinco, um comportamento diferencial, sendo o feijoeiro classificado como pouco eficiente. A

absorção de zinco ocorre na forma de Zn^{+2} e é favorecida por um pH do meio entre 5 e 7 e diminuindo com pH igual a 3; o cobre e o ferro em excesso inibem a sua absorção; o boro aparentemente estimula a absorção através das raízes, diminuindo por via foliar; o cálcio em baixas concentrações aumenta a absorção do zinco, inibindo-a em concentrações mais elevadas; já o magnésio apresenta um efeito inibidor maior que o do cálcio; o fósforo em altas concentrações promovem a “deficiência do zinco induzida pelo fósforo”, ou seja, aparecem sintomas de deficiências nas folhas, embora a concentração deste elemento não seja suficientemente baixa, de um modo a caracterizar a deficiência (Malavolta, 1980).

As concentrações adequadas de zinco na planta de feijoeiro no início do florescimento, segundo Wilcox e Fageria (1979) e Rosolem e Marubayashi (1994), variam de 30 a 100 mg/kg.

A deficiência de zinco pode ser induzida por adubações fosfatadas, terraplanagem (pela remoção da camada superficial onde se encontra o zinco acumulado pelos restos vegetais), encharcamento pela falta de aeração em solos irrigados por inundação (Malavolta, 1980 e Vieira, 1994a), pobreza natural do solo ou induzida pela extração e remoção nas colheitas, pH elevado (acréscimo de uma unidade no pH diminui cem vezes a concentração de zinco na solução do solo (Malavolta, 1980). Segundo Lopes (1975), grande parte dos solos sob vegetação de cerrado apresenta deficiência de zinco. Para Oliveira, Araújo e Dutra (1996), os solos brasileiros, de um modo geral, são carentes em zinco (<1 ppm), sendo que plantas deficientes em zinco (<15 ppm) podem ocorrer em áreas com alto pH, em solos mal arejados, lixiviados, pobres deste elemento, ou com alta capacidade de fixação de zinco.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas (zinco é transferido das folhas velhas para as folhas jovens), mas se a deficiência persiste, os sintomas desenvolvem-se rapidamente nas folhas jovens até ser afetada a totalidade das mesmas. Os sintomas começam com um verde-pálido, evoluindo para uma clorose internerval verde amarelada; as culturas afetadas são definhadas, com aparência enrugada e com baixa produção; as plantas deficientes são murchas, com folhas pequenas, ramos espessos e folíolos pequenos verde-escuros e amarelo amarronzados; a produção de ramos é muito reduzida e pode quase parar quando a deficiência for muito severa. A produção de flores e vagens é reduzida (Oliveira, Araújo e Dutra, 1996).

Já a toxidez de zinco, segundo Malavolta (1980), manifesta-se na diminuição da área foliar seguida de clorose; pode aparecer na planta toda um pigmento pardo avermelhado, talvez um fenol; o excesso de zinco, além disso, faz diminuir a absorção de fósforo e ferro.

2.9 Adubação com zinco

Khan e Soltanpour (1978), pulverizando plantas de feijoeiro que apresentavam clorose de zinco, com solução de 1% de sulfato de zinco, eliminaram o sintoma e aumentaram o rendimento do feijoeiro em 18 a 22%.

Em estudo com boro, molibdênio e zinco aplicados em feijoeiro comum, na forma de solução via sementes, utilizando 0, 10, 20 e 30 g/ha de zinco, Mendes (1984) averiguou que o zinco foi o nutriente que mais influenciou positivamente nas características estudadas (níveis de fósforo, potássio e cálcio nas folhas; altura de planta; produção e seus componentes; peso das raízes e da parte aérea). A dose de 20 g/ha de zinco, quando combinada com 3 g/ha de boro, foi suficiente para promover aumento de produção (23,4%) comparável àquele estimado com a melhor combinação do zinco, molibdênio e boro.

Oliveira (1980), estudando nove variedades de feijão, verificou que o efeito do zinco foi uniforme para todas, sendo que a dose média em solução, necessária para garantir a produção máxima, foi de aproximadamente 2,5 ppm.

Mello (1990) constatou, em Piraquara (PR), que 3 kg/ha de zinco, na forma de sulfato de zinco, aumentaram em 30% o rendimento da variedade FT 398.

Em trabalho com boro, molibdênio e zinco, Silveira, Dynia e Zimmermann (1996) verificaram que o zinco afetou significativamente o número de grãos/vagem e o peso de cem grãos, sendo que ambas as variáveis mostraram aumento linear com o aumento das doses de zinco. Foram utilizadas as doses 4,6; 6,9 e 9,2 kg/ha de zinco, na forma de sulfato de zinco (23% de zinco), aplicadas no sulco em mistura com a adubação básica de semeadura.

As recomendações de adubação com zinco variam conforme os autores. Wilcox e Fageria (1979) recomendam, em aplicação no solo, 20-40 kg/ha de sulfato de zinco (23% de zinco) ou 1-2 kg do mesmo produto em 500 l de água em aplicação foliar. Rosolem (1987)

recomenda de 20 a 30 kg/ha de sulfato de zinco na mistura de adubos, enquanto Oliveira e Thung (1988) recomendam a concentração de 0,5% de zinco, na forma de sulfato de zinco, para aplicação foliar após o diagnóstico de deficiência em campo.

A exemplo do que foi comentado no caso do boro, as recomendações de zinco são para os casos em que já foram constatadas deficiências a nível de campo. No Estado de São Paulo, a recomendação já leva em consideração o nível do nutriente no solo (Raij et al., 1996), sendo recomendado 3,0 g/ha de Zn sempre que o teor no solo (extraído por DTPA) for inferior a 0,6 mg/dm³.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi constituído por um ensaio em casa de vegetação (1996) e dois ensaios de campo (outono/inverno 1996 e “águas” 1996/97) conduzidos no Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45° de longitude oeste, a uma altitude média de 910 m (FAO, 1985). A região apresenta um clima do tipo Cwb de acordo com a classificação de “Köppen” (Castro Neto e Silveira, 1981). As médias anuais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa são, respectivamente, 19,3°C, 1411 mm e 77,7% (Brasil, 1969 e FAO, 1985). As variações diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial ocorridas durante a condução dos experimentos de campo são apresentadas na Figura 1.

Os experimentos foram instalados em um Latossolo Roxo distrófico de textura argilosa fase cerrado, cujos resultados da análise química são apresentados na Tabela 1.

3.1 Ensaio em casa-de-vegetação

3.1.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, esquema fatorial 3 x 2 x 3, com quatro repetições, num total de 72 parcelas (vasos). Os tratamentos constituíram-se de 3 doses de boro (0, 20 e 40 g/ha de B), 2 doses de molibdênio (0 e 75 g/ha de Mo) e 3 doses de zinco (0, 45 e 90 g/ha de Zn), todas aplicadas via foliar.

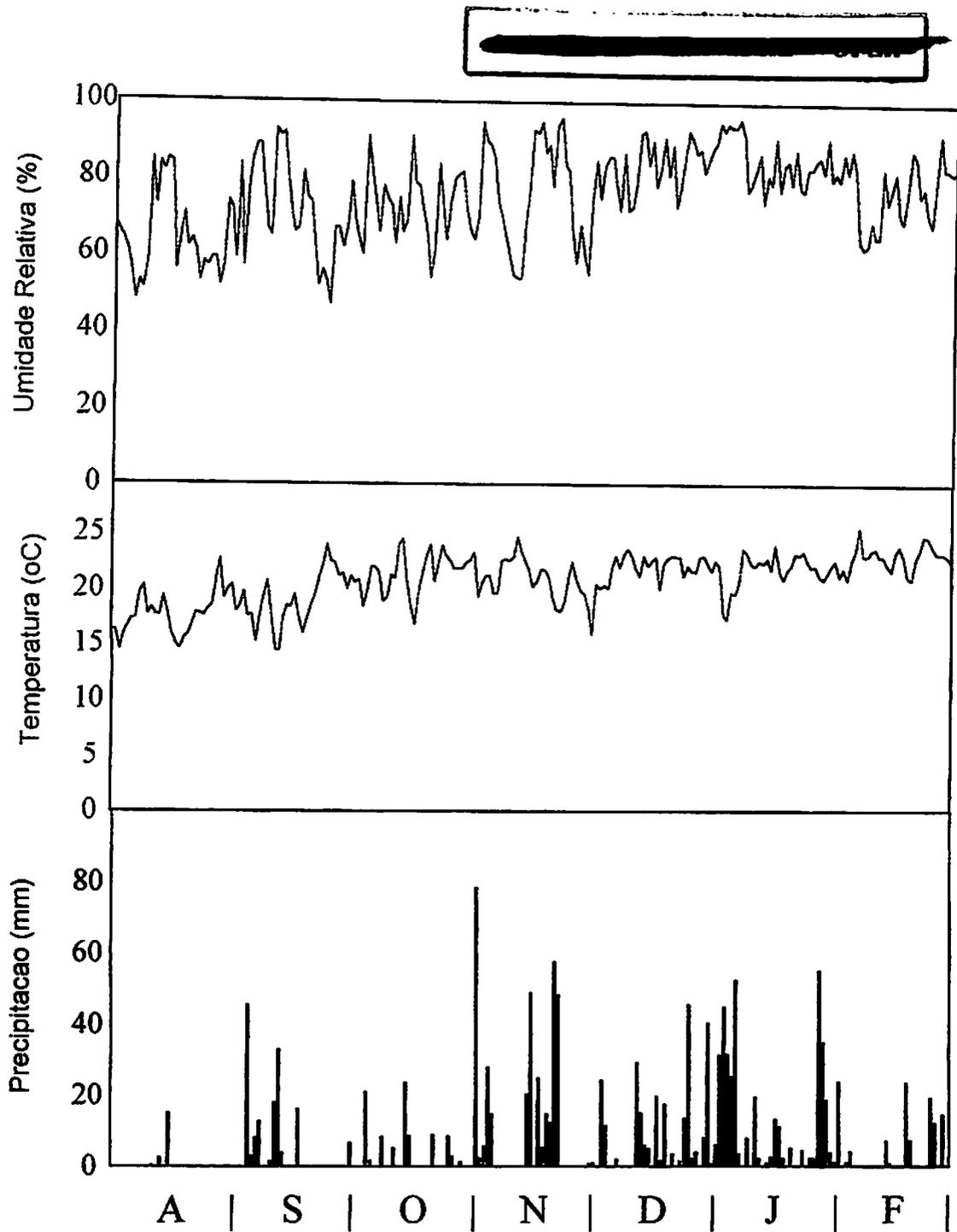


FIGURA 1. Variação diária da precipitação pluvial (mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) durante a condução dos experimentos de campo. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

TABELA 1. Resultados da análise de amostras dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1996/97¹.

Características	Casa de vegetação	Outono/inverno 96	Águas 96/97
pH em água	5,2 AM	5,9 AM	5,4 AM
P (mg/dm ³)	8 B	5 B	11 M
K (mg/dm ³)	84 A	48 M	34 M
Ca (mmol/dm ³)	19 M	41 A	24 M
Mg (mmol/dm ³)	5 B	8 M	3 B
Al (mmol/dm ³)	1 B	0 B	2 B
H + Al (mmol/dm ³)	39 M	40 M	40 M
C (%)	-	2,2 A	1,4 M
Mat. orgânica (%)	-	3,8 A	2,3 M
Zinco (mg/dm ³)	3,8	1,9	2,1
Cobre (mg/dm ³)	3,4	2,6	1,9
Ferro (mg/dm ³)	42,8	61,4	22,8
Manganês (mg/dm ³)	7,5	2,9	2,2
Enxofre (mg/dm ³)	14,2	11,7	7,4
Boro (mg/dm ³)	0,13	0,24	0,24

1 Análises realizadas no Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA e interpretação de acordo com Comissão...(1989). AM = acidez média, A = teor alto, M = teor médio e B = teor baixo. Foram utilizados os extratores água quente para o boro e DTPA para o zinco.

As doses de zinco e boro foram determinadas com base em resultados de extração e exportação obtidos para o feijoeiro por El-Husny (1992) e as de molibdênio basearam-se nos ensaios de Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996).

A aplicação de molibdênio foi realizada aos 20 dias após a emergência (DAE) (Berger, 1995), empregando-se como fonte o molibdato de amônio (54% de Mo). As aplicações de boro e zinco foram realizadas, isoladamente, aos 30 DAE, tendo-se como fontes o ácido bórico (17% de B) e o sulfato de zinco (23% de Zn).

Para maior precisão nas doses, a aplicação dos tratamentos foi realizada com pulverizador costal a pressão constante de CO₂ (45 lb/pol²) e haste de um bico, conduzida à altura de 50 cm acima das plantas. O volume de calda utilizado foi equivalente a 330 litros/ha, adicionando-se 1% (v/v) de Assist como espalhante adesivo. As diferentes doses de cada um dos nutrientes foi obtida a partir de soluções estoque com volume inicial de 1,35 litros.

3.1.2 Detalhes das parcelas, implantação e condução do ensaio

Cada parcela constituiu-se de um vaso plástico sem orifícios com 9 litros de solo, com duas plantas. O solo foi coletado a 0-20 cm de profundidade, sendo posteriormente seco ao ar, peneirado e em seguida amostrado para análise química.

O solo, já no vaso, foi previamente incubado com CaCO_3 e MgCO_3 na proporção 4:1, sendo a necessidade de calagem calculada através da fórmula $\text{NC} = \text{T} \times (\text{V}_2 - \text{V}_1)/1000$, em que NC = necessidade de calagem, T = capacidade de troca de cátions a pH 7, V_1 = saturação de bases do solo e V_2 = saturação de bases desejada (70%). Posteriormente foi adubado, via líquida, segundo Malavolta e Muraoka (1985) modificado, nas seguintes proporções: 100 ppm de nitrogênio (uréia), 200 ppm de fósforo (superfosfato simples), 150 ppm de potássio (cloreto de potássio), 30 ppm de magnésio (sulfato magnésiano) e 1,5 ppm de cobre (sulfato de cobre).

A semeadura ocorreu no dia 22/03/96, sendo colocadas 8 sementes por vaso, à profundidade de 3 cm. A emergência ocorreu no dia 26/03/96 e, 5 dias após, executou-se o desbaste, deixando apenas 2 plântulas por vaso. A cultivar utilizada foi a Carioca-MG (grão tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado tipo II, porte ereto, ciclo normal e resistente ao mosaico comum, de acordo com EMBRAPA(1996).

Na irrigação utilizou-se água desmineralizada, sendo o controle da irrigação realizado pelo método da pesagem, mantendo-se a umidade em torno de 60% do volume total de poros.

Durante a condução do ensaio, realizou-se, em 18/05/96, com pulverizador manual, uma aplicação do acaricida/inseticida Vertimec (abamectin) 18CE (1 ml/5 litros de água), visando o controle de ácaros. Também realizou-se, com o mesmo pulverizador, no dia 20/05/96, uma aplicação de enxofre elementar (99,6% de pureza), na dose de 3 g/l, para controle de oídio (*Erysiphe polygoni* DC). Verificou-se ainda um leve ataque de larva minadora nas folhas primárias, que não requereu tratamento.

Para avaliação do experimento foi colhida uma planta por ocasião do florescimento (quando pelo menos uma planta se apresentava com uma flor aberta) e a outra por ocasião da maturação.

3.1.3 Características avaliadas

Por ocasião da floração avaliou-se o acúmulo de matéria seca de hastes + ramos e folhas e, por ocasião da maturação, o número de vagens/planta e o número de grãos/vagem, além do acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos. As folhas que caíam eram sistematicamente coletadas e colocadas em sacolas de papel, sendo também consideradas para determinação da matéria seca de folhas. Foram analisados ainda os teores de macro (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e de alguns micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) na matéria seca de grãos.

Para determinação da matéria seca, o material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar a 70°C até peso constante e pesado em balança de precisão.

Os teores de nutrientes da matéria seca das partes vegetais foram determinados da seguinte maneira (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989): o nitrogênio pelo método Kjeldhal e os demais (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) através da digestão nitroperclórica e posterior determinação no extrato, onde o fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbidimetria, o cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica. Para determinação do boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo através da colorimetria de curcumina.

3.2 Ensaio de campo

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi idêntico ao do ensaio em casa-de-vegetação, diferindo apenas no número de repetições, que foi três, totalizando 54 parcelas.

Os tratamentos, com seus respectivos modos, épocas e formas de aplicação foram os mesmos utilizados no experimento anterior.

3.2.2 Detalhes das parcelas, implantação e condução dos ensaios

Utilizou-se espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de semeadura de 16 sementes por metro. As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, perfazendo uma área total de 10,0 m². Como área útil foram consideradas as duas fileiras centrais, descartando-se 0,5 m em cada extremidade (4,0 m²).

O solo foi preparado de maneira convencional (uma aração + duas gradagens), sem calagem. A semeadura foi realizada manualmente em 12/08/96 no ensaio de outono/inverno e em 13/11/96 no ensaio das “águas”. A emergência plena das plântulas ocorreu, respectivamente, em 21/08/96 e 18/11/96.

Na adubação de semeadura utilizou-se 20 kg/ha de N (uréia), 150 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato simples), 60 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio), 18 kg/ha de Mg (sulfato magnésiano) e 6,5 g/ha de Cu (sulfato de cobre). Durante a semeadura foi aplicado, juntamente com o adubo, o inseticida forate (Granutox), para controle de pragas iniciais da lavoura.

O ensaio de outono/inverno foi conduzido sob irrigação e a aplicação de N em cobertura foi realizada somente no ensaio das “águas” 1996/97, aos 20 dias após emergência, com sulfato de amônio, na base de 200 kg/ha (40 kg/ha de N), aplicados manualmente em filete contínuo ao lado das plantas.

Para que não houvesse comprometimento dos resultados do ensaio das “águas”, foi realizada a adubação de cobertura em função do baixo desenvolvimento inicial da cultura. Inicialmente havia sido pré-determinado a não utilização desta técnica devido as baixas respostas encontradas na literatura com relação a utilização do molibdênio associado à adubação de cobertura.

Com relação a pragas e doenças, apenas houve necessidade de controle de formigas por ocasião da emergência do feijoeiro. Houve incidência da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) de forma generalizada no final do ciclo do ensaio de outono/inverno e das “águas”, não

sendo empregado nenhum controle. Os demais tratos culturais foram os normalmente empregados na cultura na região.

3.2.3 Características avaliadas

Por ocasião da plena floração foram retiradas ao acaso 10 plantas da área útil, para determinação do acúmulo de matéria seca de flores, hastes + ramos e folhas.

Antes da colheita também foram amostradas ao acaso 10 plantas da área útil para determinação dos componentes do rendimento (número de vagens/planta, número de grãos/vagem) e do acúmulo de matéria seca de hastes + ramos, vagens e grãos. A colheita foi realizada por arranquio manual das plantas, que foram levadas ao terreiro para secar, para posterior bateção e determinação do rendimento de grãos e peso de cem sementes.

O estande final foi obtido por ocasião do arranquio dos feijoeiros, pela contagem do número de plantas existentes na área útil da parcela, considerando inclusive as plantas que foram retiradas por ocasião da floração e as que foram retiradas para determinação dos componentes do rendimento.

O rendimento de grãos, expresso em kg/ha, foi determinado pela pesagem dos grãos obtidos na parcela útil, considerando inclusive os grãos das 20 plantas retiradas por ocasião da floração e maturação, sendo o peso originalmente obtido corrigido para 13% de umidade, de acordo com a equação:

$$P = \frac{P_c (100 - U_o)}{(100 - U_i)}, \quad \text{em que:}$$

P = peso corrigido

P_c = peso de campo

U_o = umidade de campo

U_i = umidade de correção = 13%

3.3 Análise estatística

Os dados obtidos nos três ensaios foram inicialmente submetidos à análise de variância. No caso de significância para doses de molibdênio (apenas dois níveis), procedeu-se à comparação entre médias empregando-se o teste F. No caso de significância para doses de boro ou zinco procedeu-se à análise de regressão, seguida da seleção de equação representativa da relação entre as variáveis envolvidas (Gomes, 1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio em casa-de-vegetação

4.1.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração

Um resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos e nas folhas é apresentado na Tabela 2. Verifica-se que foi boa a precisão experimental, mostrando-se um pouco superior à conseguida por Alvarenga (1995), também em casa-de-vegetação. Observa-se ainda que, pelo teste F, houve efeito significativo da fonte de variação molibdênio sobre a matéria seca de hastes + ramos, mas as demais fontes de variação não mostraram significância para nenhuma das variáveis estudadas.

TABELA 2. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro, por ocasião da floração, no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		Hastes + Ramos	Folhas
Blocos	3		
Boro (B)	2	0,2056	0,6024
Molib. (Mo)	1	4,9875**	9,1731
Zinco (Zn)	2	0,7460	7,5771
B x Mo	2	0,8551	6,4784
B x Zn	4	0,5136	1,6278
Mo x Zn	2	0,0328	2,5744
B x Mo x Zn	4	0,4107	6,0815
Resíduo	51	0,4066	3,2773
C.V. (%)		23,69	18,53

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios do acúmulo de matéria seca em função das doses de B, Mo e Zn empregadas. O acúmulo de matéria seca nas folhas, neste estágio do ciclo do feijoeiro foi, em média, três vezes superior ao acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos, o que se explica pela proximidade da etapa em que a planta alcança o seu maior índice de área foliar (floração plena). Como é possível observar, a aplicação de Mo foliar teria proporcionado um ligeiro decréscimo na matéria seca de hastes + ramos, mas além da pequena magnitude, este efeito não foi observado na matéria seca de folhas, mostrando-se pouco consistente. Além do mais, é pouco provável que o molibdênio, aplicado aos 20 DAE, já expressasse algum efeito mensurável nas hastes, no início do florescimento. Segundo Oliveira e Thung (1988), a absorção de 50% do molibdênio, quando aplicado às folhas, varia de 10 a 20 dias, o que justificaria a ausência de respostas nesta fase.

TABELA 3. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996⁽¹⁾.

Tratamentos	Matéria Seca (g/planta)	
	Hastes + Ramos	Folhas
0 g B/ha	2,65	9,84
20 g B/ha	2,80	9,88
40 g B/ha	2,62	9,59
0 g Mo/ha	2,95 a	10,13
75 g Mo/ha	2,43 b	9,41
0 g Zn/ha	2,73	10,39
45 g Zn/ha	2,50	9,29
90 g Zn/ha	2,84	9,63
Média	2,69	9,77

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1%.

Com relação às doses de B e Zn, verifica-se que as médias pouco variaram, indicando que no início do florescimento, poucos dias após a aplicação, que se deu aos 30 DAE, aqueles micronutrientes ainda não mostraram qualquer efeito sobre o acúmulo de matéria seca. Como o zinco é quase totalmente absorvido pelo feijoeiro antes da floração, é provável que as necessidades da planta já tenham sido supridas pelo solo, já que os teores iniciais são altos.

Quanto ao boro, apesar de praticamente ser absorvido durante todo o ciclo, não houve respostas às doses empregadas nesta fase.

4.1.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação

Todas as avaliações de matéria seca por ocasião da maturação mostraram efeito significativo das doses de molibdênio utilizadas, como pode ser observado no resumo da análise de variância mostrado na Tabela 4. Para as demais fontes de variação não houve significância sobre nenhuma característica estudada e, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (C.V.), a precisão experimental foi semelhante à observada por ocasião da floração.

TABELA 4. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação, no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Hastes + Ramos	Folhas	Vagens	Grãos
Blocos	3				
Boro (B)	2	0,1212	0,0509	0,0631	7,4850
Molib. (Mo)	1	3,7082*	19,6772**	21,7030**	605,1721**
Zinco (Zn)	2	0,0146	0,7649	0,3367	5,3749
B x Mo	2	0,1828	0,4718	0,1305	0,2929
B x Zn	4	0,6765	0,8180	0,2381	4,7476
Mo x Zn	2	0,2251	0,0448	1,0991	19,6883
B x Mo x Zn	4	0,5199	2,8224	1,1181	15,1233
Resíduo	51	0,6348	2,5223	1,3247	20,4808
C.V. (%)		20,30	19,06	23,76	26,67

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios do acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função das doses de B, Mo e Zn. Primeiramente, é possível observar que em todas as partes do feijoeiro houve um acréscimo de

matéria seca em função do emprego de Mo foliar (75 g/ha), o que não havia sido possível detectar no início da floração. Este resultado concorda com os obtidos por Alvarenga (1995) em ensaio de campo e vem comprovar o efeito do molibdênio sobre o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro, já que os acréscimos obtidos no acúmulo de matéria seca de hastes + ramos (12%), folhas (13%), vagens (25%) e grãos (41%) foram bastante significativos. A maior resposta ao molibdênio nos dados obtidos na maturação de grãos pode estar relacionado à sua ação na atividade da nitrato redutase, que no caso do feijoeiro é maior no período compreendido entre 30 e 55 dias após a emergência.

As doses de boro e zinco, conforme já adiantado pela análise de variância (Tabela 4), não foram responsáveis por grandes alterações no acúmulo de matéria seca do feijoeiro (Tabela 5). Com relação ao B, observa-se que o teor no solo, $0,13 \text{ mg/dm}^3$ extraídos com água quente (Tabela 1), se encontrava abaixo da faixa crítica de 0,4 a 0,6 ppm citada por Lopes e Carvalho (1988) e da faixa ótima de 0,5 a 2 ppm sugerida para o feijoeiro por Oliveira e Thung (1988). Apesar do baixo teor no solo, não houve resposta à aplicação foliar de B, o que pode estar relacionado, dentre outros fatores, ao emprego de doses pequenas, insuficientes para causar algum efeito mensurável no feijoeiro ou a um possível atendimento das necessidades da planta pelo teor de B no solo, por se tratar de um sistema fechado (vasos). No tocante às doses, uma das poucas referências na literatura sobre aplicação foliar de boro (Oliveira e Thung, 1988) sugere a concentração de 0,1% a 0,2% de ácido bórico, o que significaria 100 a 200 g de ácido bórico (17 a 34 g de B) por 100 litros de solução ou, finalmente, 51 a 102 g/ha de B, supondo-se um volume de solução da ordem de 300 l/ha. A maior dose utilizada no presente trabalho (40 g/ha) foi inferior àquela sugestão de Oliveira e Thung (1988), mas deve ser lembrado que os autores não fornecem detalhes sobre como chegaram à concentração recomendada. Por outro lado, as doses utilizadas corresponderam aos resultados de El-Husny (1992), os quais influenciaram a definição dos tratamentos relativos ao boro.

Com relação ao Zn, o teor no solo, $3,8 \text{ mg/dm}^3$ (Tabela 1), pode ser considerado suficiente, já que a faixa crítica, segundo Lopes e Carvalho (1988) é de 0,8 a 1,00 ppm, quando determinado pelo extrator Mehlich 1. Mesmo considerando a faixa suficiente de 4 - 20 ppm para a cultura do feijão (Oliveira e Thung, 1988), o teor no solo estava muito próximo do seu limite inferior, o que talvez tenha contribuído para que não fosse detectado efeito da aplicação de Zn. Por outro lado, da mesma forma que para o B, a hipótese de que as doses empregadas não tenham

sido adequadas também pode ser levantada. O fato também já discutido anteriormente quanto ao período de maior absorção de zinco pelo feijoeiro, que ocorre antes do florescimento, sugere que a aplicação deste nutriente seja feita no sulco, por ocasião da semeadura.

TABELA 5. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996⁽¹⁾.

Tratamentos	Matéria Seca (g/planta)			
	Hastes + Ramos	Folhas	Vagens	Grãos
0 g B/ha	3,92	8,32	4,80	16,86
20 g B/ha	3,86	8,38	4,90	17,57
40 g B/ha	4,00	8,30	4,84	16,47
0 g Mo/ha	3,70 b	7,81 b	4,30 b	14,07 b
75 g Mo/ha	4,15 a	8,86 a	5,39 a	19,87 a
0 g Zn/ha	3,93	8,48	4,73	16,44
45 g Zn/ha	3,90	8,39	4,97	17,10
90 g Zn/ha	3,95	8,13	4,84	17,36
Média	3,93	8,33	4,84	16,97

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1% (folhas, vagens e grãos) ou 5% (hastes + ramos).

4.1.3 Componentes do rendimento

No resumo da análise de variância dos componentes do rendimento, apresentado na Tabela 6, nota-se que ambos os componentes estudados mostraram-se significativamente influenciados pela utilização do molibdênio foliar, mas não houve qualquer efeito da aplicação de Zn ou B ou de suas interações. Pelos valores do coeficiente de variação (C.V. %), é possível observar que foi boa a precisão experimental, comparável às obtidas por Diniz (1995) e Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) em trabalhos de campo.

TABELA 6. Resumo da análise de variância dos dados relativos a componentes do rendimento do feijoeiro no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		Nº de Vagens por Planta	Nº de Grãos por Vagem
Blocos	3		
Boro (B)	2	0,1805	0,7462
Molib. (Mo)	1	162,0000**	2,1355*
Zinco (Zn)	2	2,0972	0,1428
B x Mo	2	2,7916	0,0676
B x Zn	4	6,5972	0,0941
Mo x Zn	2	1,1250	0,0593
B x Mo x Zn	4	16,6666	0,0638
Resíduo	51	11,5163	0,3438
C.V. (%)		24,29	9,95

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

A Tabela 7 mostra os valores médios obtidos para os dois componentes de produção. Com a aplicação de 75 g/ha de Mo o número de vagens/planta apresentou um acréscimo de 24% em relação à testemunha sem Mo. Resultados de igual magnitude também foram obtidos por Diniz (1995) e Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996). Segundo Santa Cecília, Ramalho e Silva (1974), o número de vagens é o componente que melhor se correlaciona com o rendimento.

O número de grãos/vagem, apesar de ser uma característica varietal, que sofre menor influência do ambiente, foi ligeiramente modificado pela dose de 75 g/ha de Mo, apresentando um acréscimo de 6% em relação à testemunha. A detecção de significância, entretanto, pode ter sido devida à alta precisão alcançada na estimativa da variável.

As respostas obtidas neste ensaio com a aplicação de Mo provavelmente se devem ao efeito do micronutriente sobre os sistemas enzimáticos da nitrogenase e nitrato redutase (Vieira, 1994b) e reforça o que foi encontrado por diversos pesquisadores, segundo os quais o Mo tem efeito sobre o acúmulo de matéria seca (Alvarenga, 1995) e sobre o rendimento de grãos e seus componentes (Rodrigues, Andrade e Carvalho, 1996 ; Alvarenga, 1995 ; Diniz, 1995).

No presente trabalho, o pH de 5,2 é o inicial. Como foi feita a calagem, o pH aumentou, o que aumentaria a disponibilidade de molibdênio (Malavolta, 1980 e Santos, 1991).

Portanto, baixos teores de molibdênio no solo podem ter sido decisivos na resposta, conforme tem sido verificado na região de Viçosa-MG (Vieira, Nogueira e Araújo, 1992).

A falta de resposta a B e Zn pode estar relacionada com teores suficientes desses micronutrientes para as condições do estudo, com o emprego de doses inadequadas, ou ainda, no caso do zinco, com época de aplicação, conforme já discutido.

TABELA 7. Valores médios do número de vagens por planta e número de grãos por vagem do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996⁽¹⁾.

Tratamentos	Nº Vagens por Planta	Nº grãos por Vagem
0 g B/ha	14,04	5,87
20 g B/ha	14,00	6,08
40 g B/ha	13,88	5,73
0 g Mo/ha	12,47 b	5,72 b
75 g Mo/ha	15,47 a	6,06 a
0 g Zn/ha	13,71	5,89
45 g Zn/ha	14,29	5,82
90 g Zn/ha	13,92	5,97
Média	13,97	5,89

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1% (número de vagens/planta) ou 5% (número de grãos/vagem).

4.1.4 Teores de macronutrientes nos grãos

A Tabela 8 apresenta um resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de macronutrientes na matéria seca de grãos. De um modo geral, a precisão experimental, avaliada através do coeficiente de variação (C.V.%) foi boa, exceto para o cálcio (24,88%) e o enxofre (29,04%), principalmente se comparados aos valores obtidos por El-Husny (1992), o qual verificou para os teores de cálcio e enxofre nos grãos, coeficientes de 16,97% e 13,26%, respectivamente. Deste modo, qualquer inferência a respeito de ambos fica prejudicada. Houve significância para os teores de nitrogênio, fósforo e magnésio em função da aplicação de molibdênio, enquanto o teor de enxofre mostrou-se significativamente influenciado pelo zinco

(provavelmente devido à fonte utilizada, sulfato de zinco), interação boro x zinco e boro x molibdênio x zinco.

TABELA 8. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de macronutrientes nos grãos do feijoeiro obtidos por ocasião da maturação no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus Liber.	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3						
Boro (B)	2	0,1440	0,0020	0,0047	0,0049	0,0002	0,0230
Molib. (Mo)	1	1,2773*	0,0475**	0,0019	0,0011	0,0023*	0,0023
Zinco (Zn)	2	0,0836	0,0015	0,0237	0,0041	0,0001	0,0406**
B x Mo	2	0,3082	0,0001	0,0663	0,0035	0,0006	0,0173
B x Zn	4	0,0244	0,0014	0,0241	0,0033	0,0005	0,0775**
Mo x Zn	2	0,0174	0,0012	0,0176	0,0003	0,0005	0,0106
B x Mo x Zn	4	0,4651	0,0024	0,0102	0,0017	0,0008	0,0272*
Resíduo	51	0,2643	0,0030	0,0432	0,0031	0,0005	0,0076
C.V.(%)		17,19	10,26	13,43	24,88	12,61	29,04

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios dos teores de macronutrientes analisados na matéria seca de grãos. Como é possível verificar, o molibdênio aumentou o teor de nitrogênio na matéria seca de grãos. Tal fato era esperado, pois com a aplicação de molibdênio, o teor de nitrogênio é aumentado nas folhas (Barbosa Filho et al., 1979; Diniz, 1995 e Alvarenga, 1995), provavelmente devido às funções do molibdênio nos sistemas enzimáticos de fixação e assimilação do nitrogênio (Vieira, 1994b). Consequentemente, é esperado que ocorra uma adequada translocação do nitrogênio para os grãos, o que resulta no efeito positivo do molibdênio na cultura, conforme citado por diversos autores (Barbosa Filho et al., 1979; Oliveira e Thung, 1988; Berger, Vieira e Araújo, 1993; Berger et al., 1993; Amane, 1994; Diniz, 1995 e Alvarenga, 1995).

A redução nos teores de fósforo e magnésio na matéria seca de grãos com a aplicação de 75 g/ha de Mo se deve, provavelmente, a um efeito de diluição, ou seja, com o aumento do teor de nitrogênio houve maior produção de matéria seca de grãos (Tabela 5) e, consequentemente, redução nos teores de fósforo e magnésio (Tabela 9).

TABELA 9. Teores médios de macronutrientes nos grãos do feijoeiro obtidos por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA. Lavras-MG, 1996⁽¹⁾.

Tratamentos	Teores (g/kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0 g B/ha	30,5	5,4	15,3	2,3	1,8	3,4
20 g B/ha	29,0	5,3	15,5	2,1	1,8	2,8
40 g B/ha	30,2	5,5	15,6	2,4	1,8	2,8
0 g Mo/ha	28,5 b	5,7 a	15,5	2,3	1,8 a	2,9
75 g Mo/ha	31,2 a	5,1 b	15,4	2,2	1,7 b	3,1
0 g Zn/ha	30,2	5,5	15,8	2,1	1,8	2,5
45 g Zn/ha	30,3	5,4	15,5	2,4	1,8	3,2
90 g Zn/ha	29,2	5,3	15,2	2,2	1,8	3,3
Média	29,9	5,4	15,5	2,2	1,8	3,0

⁽¹⁾ Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1% (P) ou 5% (N e Mg).

Na Figura 2 é apresentada a variação nos teores de enxofre na matéria seca de grãos em função da interação entre boro, molibdênio e zinco em aplicação foliar. Nota-se que as equações não representam um comportamento coerente do ponto de vista nutricional, o que provavelmente está relacionado com a baixa precisão com que foi avaliada a característica (Tabela 8). Além do mais, também foram pequenas as diferenças entre os teores médios de enxofre, reduzindo a importância da interação. Outra razão para não se dar maior importância a estes resultados é que eles certamente foram afetados pela aplicação de enxofre elementar durante a condução do ensaio e do sulfato de magnésio na adubação de semeadura.

A baixa precisão, por sua vez, pode ainda estar relacionada à reduzida quantidade de material obtido por parcela (uma planta por vaso por ocasião da maturação). Uma alternativa que poderia ser usada para sanar este problema seria aumentar o número de plantas por parcela (vaso). No entanto, é preciso reavaliar o tamanho dos vasos a serem utilizados, principalmente no caso de se conduzir as plantas até à maturação.

Os teores de macronutrientes encontrados na matéria seca de grãos neste estudo, em geral, assemelham-se aos resultados obtidos em vários trabalhos (Amaral et al., 1980; Oliveira e Thung, 1988 e El-Husny, 1992), podendo as pequenas variações serem creditadas às diferenças nas condições prevaescentes nos diferentes ensaios.

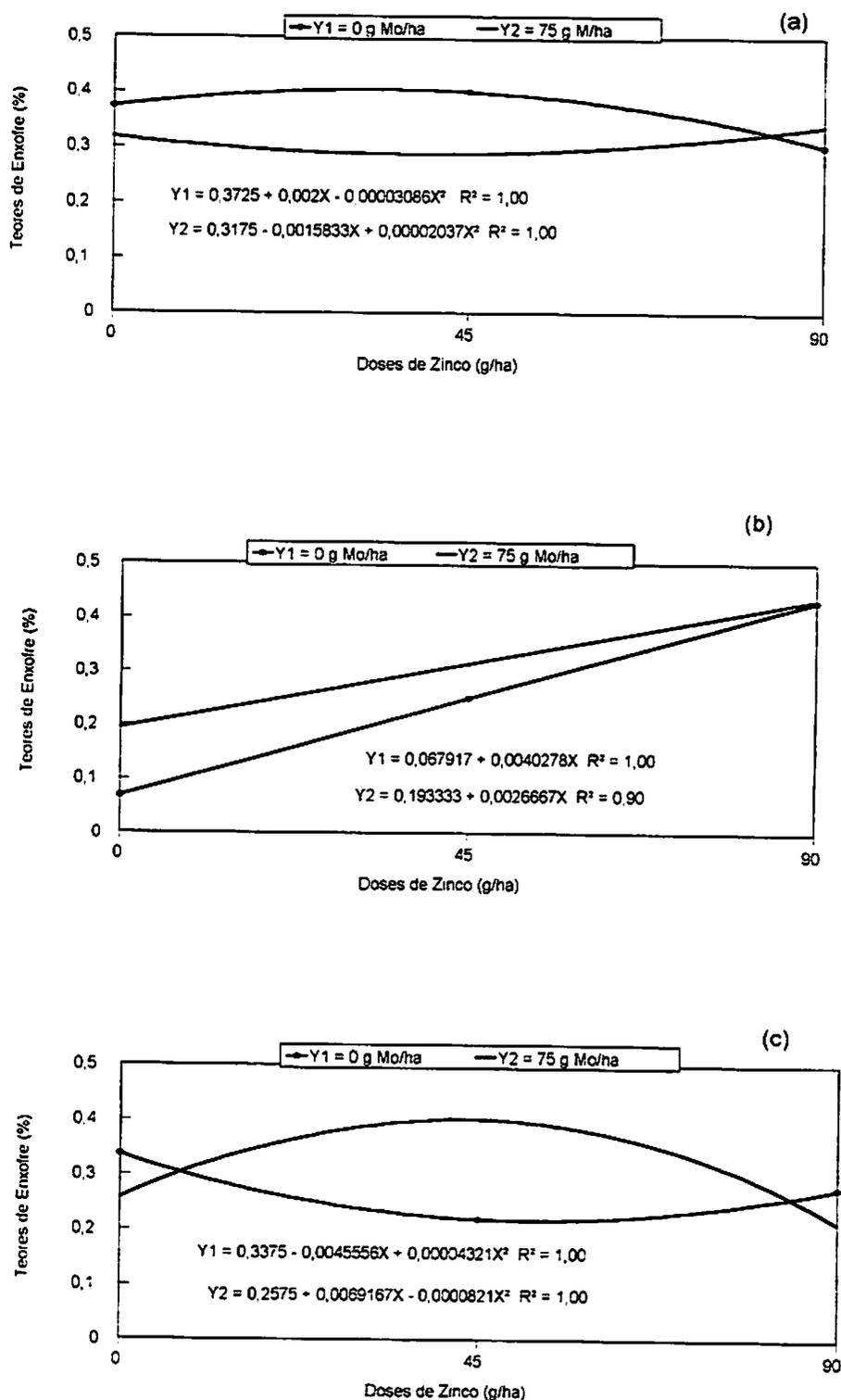


FIGURA 2. Teores de enxofre nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a) e na presença de 45 g/ha de boro (b) ou 90 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1997.

4.1.5 Teores de micronutrientes nos grãos

Na Tabela 10 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de micronutrientes na matéria seca de grãos. A precisão experimental, avaliada através do C.V., não apresentou grandes variações, no entanto, mostrou valores elevados, acima daqueles encontrados para os macronutrientes (Tabela 8). El-Husny (1992), trabalhando com teores de micronutrientes nos grãos do feijoeiro, obteve um C.V. médio de 8,80%, enquanto neste experimento o C.V. médio para estas características foi de 32,29%, o que, sem dúvida, diminui a confiabilidade que pode ser atribuída aos resultados.

Houve significância da aplicação de molição sobre os teores de boro, enquanto o cobre foi influenciado pelas interações boro x molição, boro x zinco e molição x zinco. Os três micronutrientes restantes, manganês, zinco e ferro, foram afetados pela interação boro x molição x zinco, entretanto, é interessante considerar o efeito isolado do molição, que de um modo geral foi significativo para outras características estudadas e, também neste caso, afetou os teores desses micronutrientes (Tabela 11).

TABELA 10. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de micronutrientes nos grãos do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio de casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus Liber.	Quadrados Médios			
		B	Cu	Fe	Mn
Boros (B)	2	0,1768	26,0754	1837,7571*	424,5552**
Molib. (Mo)	1	17,9999*	0,0031	4739,8072**	908,6595**
Zinco (Zn)	2	5,6968	50,8887	233,2340	90,2065
B x Mo	2	1,2262	106,1962*	7290,0798**	805,3917**
B x Zn	4	0,7005	131,8351**	10409,6397**	1322,5141**
Mo x Zn	2	2,0287	123,6520*	2808,4216**	225,6537*
B x Mo x Zn	4	1,8350	45,5005	2425,8485**	299,6436**
Resíduo	51	2,6593	33,2178	392,5977	55,5677
C.V. (%)		29,11	34,59	27,75	37,10
					32,91

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F
** Significativo ao nível de 1% pelo teste F

Na Tabela 11 são apresentados os teores médios dos micronutrientes na matéria seca de grãos. Verifica-se que a aplicação de 75 g/ha de Mo reduziu o teor de boro na matéria seca dos grãos do feijoeiro em aproximadamente 20%, quando comparada à não aplicação de molibdênio. Esse resultado, provavelmente também se explique pelo efeito diluição, assim como ocorreu para o fósforo e magnésio, visto que com a aplicação de 75 g/ha de Mo houve um acréscimo da ordem de 41% na matéria seca de grãos (Tabela 5). Com relação ao boro, El-Husny (1992) verificou que na sua ausência ocorrem os menores teores do nutriente nos grãos. No presente estudo, não se verificou diferença significativa em função do aumento das doses de boro, levando a acreditar, como já mencionado, que as doses utilizadas possam não ter sido adequadas; o teor deste micronutriente no solo (0,13 ppm) encontrava-se, segundo Lopes e Carvalho (1988), abaixo da faixa crítica (0,4 - 0,6 ppm em extração com água quente), sendo esperada alguma resposta da planta.

Com relação à aplicação de zinco, não foi encontrada na literatura nenhuma menção de que esta prática afeta os teores de boro nos grãos.

É importante ressaltar que o teor médio de boro encontrado na matéria seca de grãos ficou bem abaixo do que foi mencionado por Oliveira e Thung (1988) e do encontrado por El-Husny (1992). No entanto, segundo Jones Junior, 1972 citado por Oliveira e Thung (1988), existe uma variação muito grande no teor de boro nas diferentes partes da planta, em diferentes estádios de crescimento.

As Figuras 3, 4 e 5 mostram a variação nos teores de cobre na matéria seca de grãos em função da interação entre doses de boro x molibdênio (Figura 3), boro x zinco (Figura 4) e zinco x molibdênio (Figura 5) em aplicação foliar. É provável que a inconsistência observada, traduzida pela diversidade das equações lineares e quadráticas obtidas, seja um reflexo da alta variabilidade verificada entre os dados, demonstrada através do alto C.V. (34,59%) e que dificulta a interpretação dos resultados.

TABELA 11. Teores médios de micronutrientes nos grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA. Lavras-MG, 1996¹.

Tratamentos	Teores (mg/kg)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0 g B/ha	5,57	15,71	68,52	20,99	57,24
20 g B/ha	5,54	16,49	64,46	15,51	48,85
40 g B/ha	5,70	17,78	81,24	23,78	64,11
0 g Mo/ha	6,10 a	16,65	63,29 b	16,54 b	51,28 b
75 g Mo/ha	5,10 b	16,67	79,52 a	23,65 a	62,19 a
0 g Zn/ha	5,05	18,20	68,85	20,98	56,68
45 g Zn/ha	5,81	15,30	74,88	21,43	60,18
90 g Zn/ha	5,95	16,47	70,48	17,87	53,35
Média	5,50	16,66	71,41	20,09	56,73

⁽¹⁾ Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1% (Mn e Fe) ou 5% (B e Zn).

Nas figuras seguintes são apresentadas as variações para os teores de ferro (Figura 6), manganês (Figura 7) e zinco (Figura 8) nos grãos do feijoeiro em função da interação boro x molibdênio x zinco. Assim como já havia sido comentado para os teores de enxofre, também nestes casos ocorreram respostas pouco consistentes do ponto de vista da nutrição de plantas. É provável, também, que estes resultados tenham ocorrido devido à baixa precisão experimental com que foram estimadas as variáveis, em função, talvez, da utilização de apenas uma planta para a obtenção dos dados. Vale propor, mais uma vez, aumentar o tamanho da parcela para tentar sanar este problema em estudos posteriores.

Com essas ressalvas, é possível verificar que o molibdênio afetou os teores dos três micronutrientes considerados, aumentando-os quando da aplicação de 75 g/ha de molibdênio (Tabela 11). Apesar deste fato, verifica-se pelas Figuras 6, 7 e 8 que as doses de zinco e boro, modificaram o comportamento dos teores de ferro, manganês e zinco.

Os teores de micronutrientes encontrados na matéria seca de grãos no presente estudo, à exceção do boro, como já mencionado, assemelham-se aos obtidos em alguns trabalhos (Oliveira e Thung, 1988 e El-Husny, 1992), podendo as variações serem creditadas às diferentes condições prevalescentes nos ensaios.

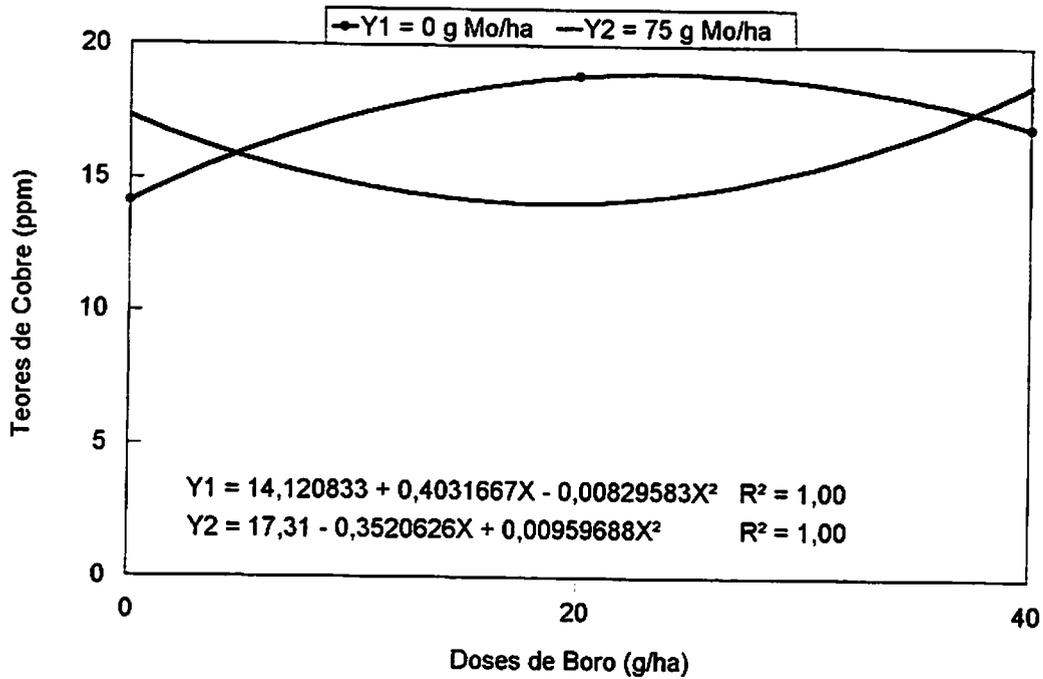


FIGURA 3. Efeito de doses de boro sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de molibdênio, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

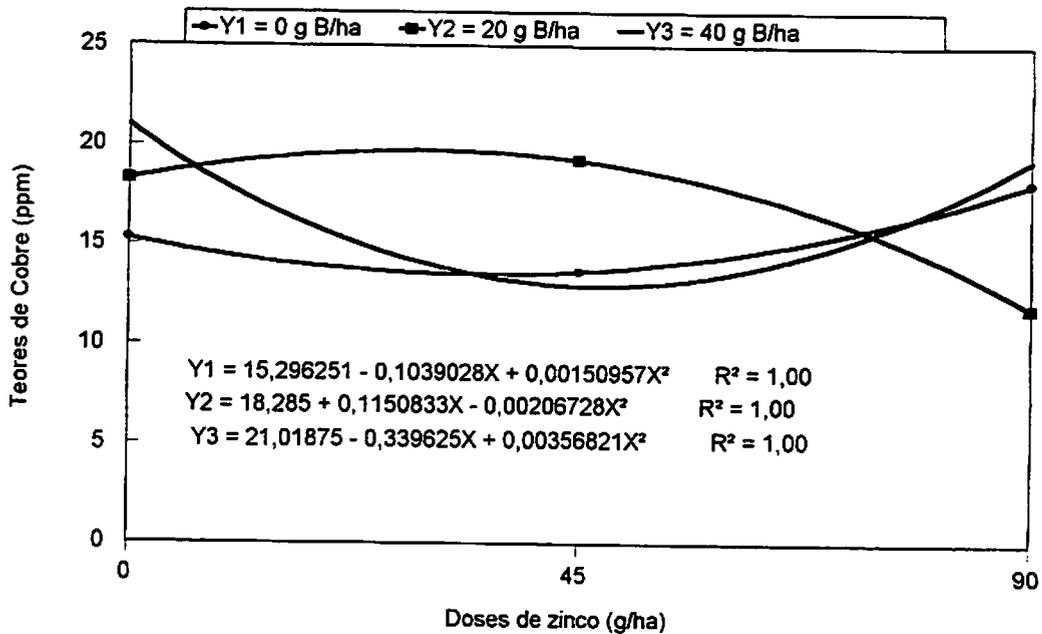


FIGURA 4. Efeito de doses de zinco sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de boro, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

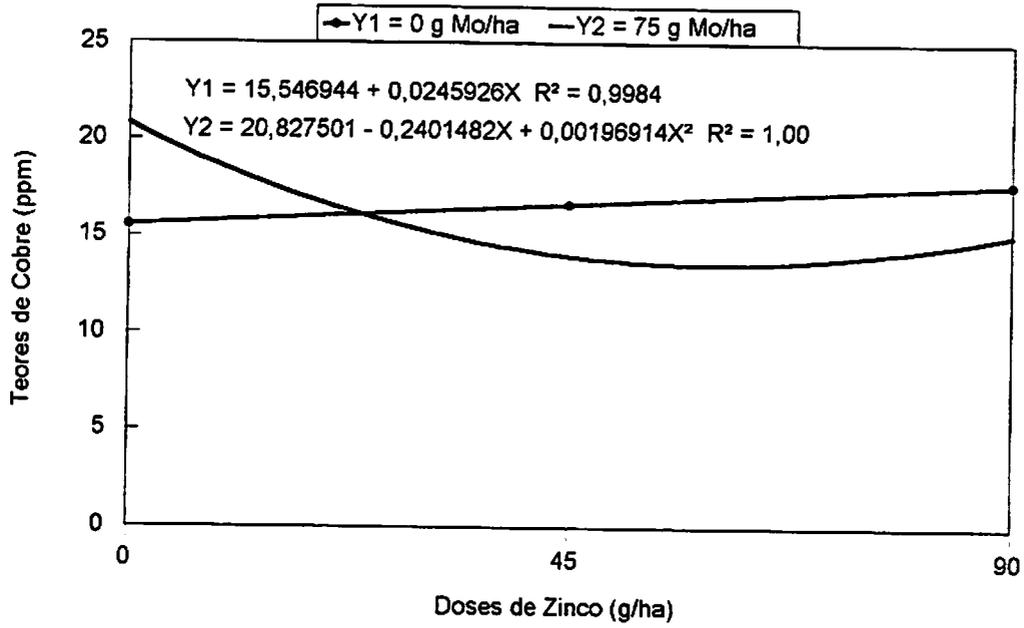


FIGURA 5. Efeito de doses de zinco sobre os teores de cobre nos grãos do feijoeiro em função de doses de molibdênio, no ensaio em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 1996.

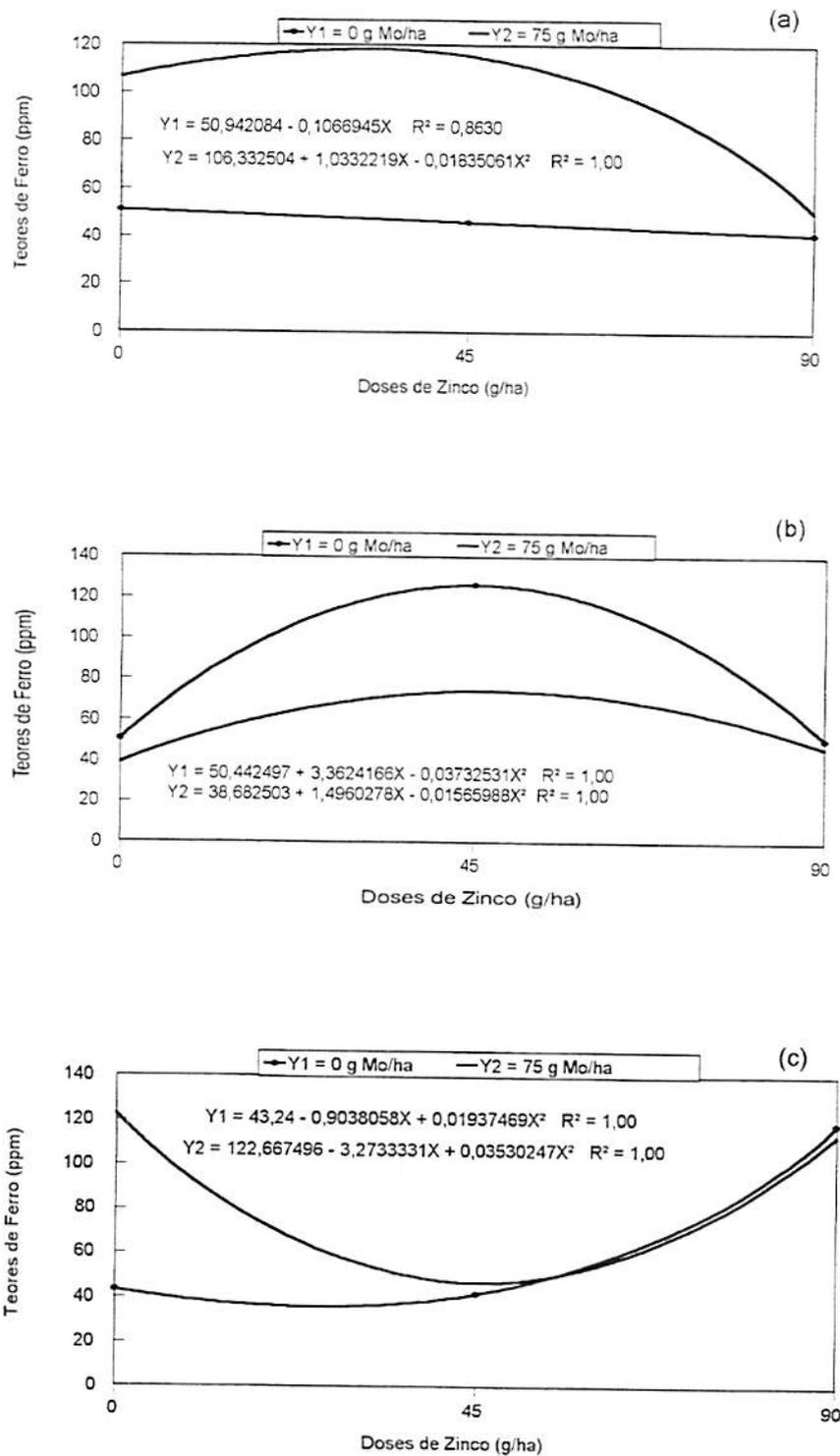


FIGURA 6. Teores de ferro nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a), e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.

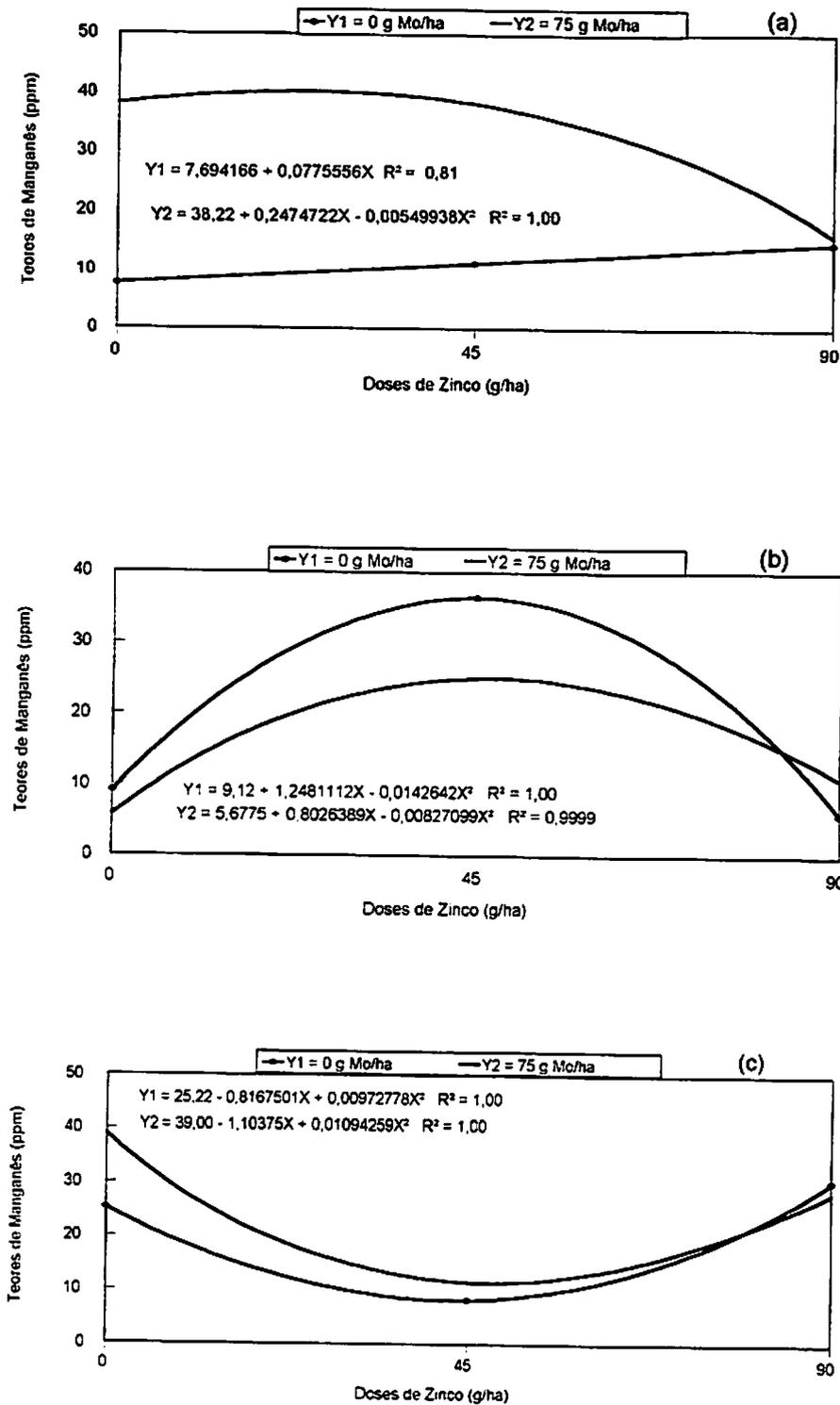


FIGURA 7. Teores de manganês nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a) e na presença de 20 g/ha de boro (b) ou 40 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.

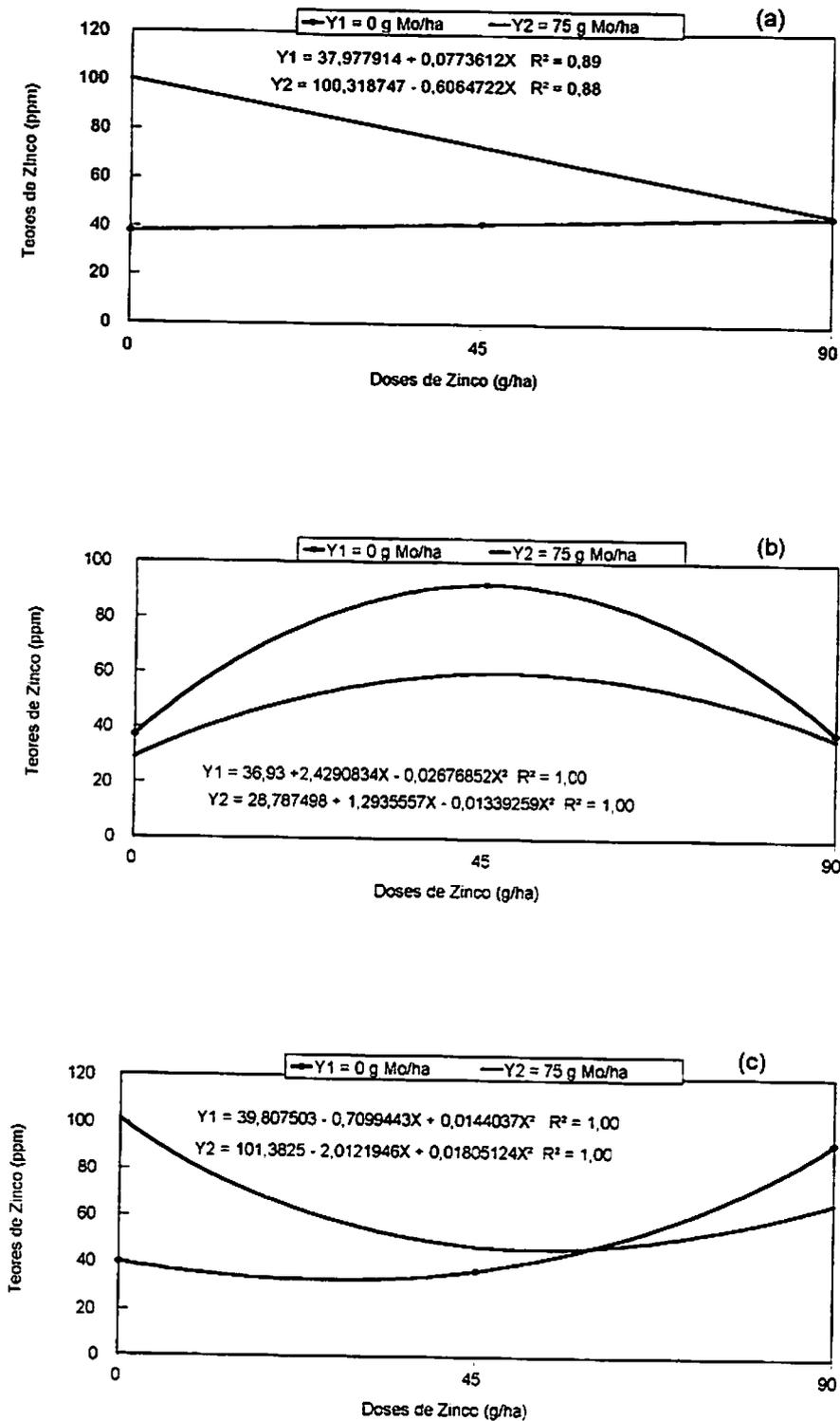


FIGURA 8. Teores de zinco nos grãos do feijoeiro em função da aplicação de zinco e molibdênio na ausência de boro (a) e na presença de 45 g/ha de boro (b) ou 90 g/ha de boro (c). UFLA, Lavras-MG, 1996.

4.2 Primeiro ensaio de campo (outono-inverno/96)

4.2.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração

Um resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca por ocasião da floração é apresentado na Tabela 12. Os valores do C.V. para hastes + ramos e folhas, apesar de elevados, aproximam-se dos obtidos em experimento de casa-de-vegetação no trabalho de Alvarenga (1995). Pelo teste F, verifica-se que houve efeito significativo das doses de molibdênio sobre o acúmulo de matéria seca nas folhas. As demais fontes de variação não influenciaram nenhuma das características estudadas.

TABELA 12. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		hastes + ramos	folhas
Blocos	2		
Boro (B)	2	2,8760	8,2557
Molib. (Mo)	1	20,7451	112,0896*
Zinco (Zn)	2	0,2831	4,9768
B x Mo	2	5,3218	8,5389
B x Zn	4	8,8122	36,0416
M x Zn	2	3,8967	9,6663
B x Mo x Zn	4	10,4771	49,5529
Resíduo	34	7,1198	24,6265
C.V. (%)		45,75	36,29

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

A Tabela 13 mostra os valores médios das características avaliadas em função das doses de B, Mo e Zn. Ao contrário do que ocorreu no ensaio de casa-de-vegetação, foi possível detectar maior acúmulo de matéria seca nas folhas (+23%) já por ocasião do florescimento, provavelmente por se tratar de cultura de outono-inverno, quando o número de dias para o

florescimento do feijoeiro geralmente é maior na região (60 dias, enquanto no período das secas é de 43 dias segundo Martins et al., 1994). Com maior número de dias decorridos entre a aplicação do molibdênio e a floração, provavelmente houve mais tempo para que o molibdênio pudesse atuar no sistema enzimático da nitrato-redutase, de grande atividade nas folhas do feijoeiro (30-55 dias), favorecendo a nutrição nitrogenada e, conseqüentemente, o acúmulo de matéria seca nas folhas. Esta hipótese é corroborada pelos maiores valores de matéria seca verificados no presente ensaio (Tabela 13) em relação ao ensaio de casa-de-vegetação (Tabela 3).

TABELA 13. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio do outono-inverno (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996¹.

Tratamentos	Matéria Seca (g/planta)	
	Hastes + ramos	Folhas
0 g B/ha	5,48	13,35
20 g B/ha	6,27	14,45
40 g B/ha	5,75	13,22
0 g Mo/ha	5,21	12,23 b
75 g Mo/ha	6,45	15,11 a
0 g Zn/ha	5,98	13,36
45 g Zn/ha	5,78	14,28
90 g Zn/ha	5,75	13,38
Média	5,83	13,67

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 5%.

O solo utilizado neste ensaio também apresentava deficiência de boro (Tabela 1), uma vez que a faixa ótima, de acordo com Oliveira e Thung (1988), vai de 0,5 a 2 mg/dm³. Apesar disso, por ocasião da floração (Tabela 12) verificou-se que nenhuma das características mostrou-se significativamente influenciada pela aplicação deste micronutriente. Tal fato pode ter ocorrido em função de doses ou forma de aplicação inadequadas, uma vez que segundo Malavolta (1980), o intervalo entre os teores satisfatórios e os que causam toxicidade é muito estreito e o fornecimento de boro deve ser feito, de preferência, via radicular. Por outro lado, ressalta-se ainda

que não foi encontrado nenhum trabalho na literatura que utilizasse boro isoladamente em aplicação via foliar, o que indica a necessidade de mais estudos em relação a este assunto.

O teor de zinco no solo do presente ensaio foi ainda menor que o do solo utilizado em casa-de-vegetação, mas mesmo assim não houve efeito da aplicação foliar do micronutriente. Novamente deve ser lembrado que os micronutrientes boro e zinco foram aplicados aos 30 DAE, bem próximo da floração, não sendo esperados quaisquer efeitos nesta etapa do ciclo do feijoeiro. O já mencionado alongamento do ciclo no outono-inverno pode ter favorecido o efeito do molibdênio nesta época de semeadura porque ele foi aplicado mais cedo, aos 20 DAE, mas não favoreceu a manifestação de quaisquer efeito do boro e zinco, aplicados mais tardiamente. As mesmas considerações feitas com relação ao zinco no ensaio em casa-de-vegetação também se aplicam neste caso.

4.2.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação

Na Tabela 14 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados relacionados com a matéria seca acumulada pelo feijoeiro por ocasião da maturação. O coeficiente de variação (C.V.) neste caso apresentou-se homogêneo entre as características avaliadas, e apesar de elevado, mostrou-se próximo do encontrado por Alvarenga (1995). Mesmo com baixa precisão das estimativas, verifica-se pelo teste F que todas as variáveis estudadas foram significativamente influenciadas pela aplicação de molibdênio foliar. Com relação às demais fontes de variação, não houve significância.

TABELA 14. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		hastes + ramos	vagens	grãos
Blocos	2			
Boro (B)	2	4,6301	4,2806	12,3190
Molib. (Mo)	1	41,1164*	144,0930*	1685,3908*
Zinco (Zn)	2	3,6922	51,7606	169,8160
B x Mo	2	7,3516	7,5340	196,3860
B x Zn	4	7,9101	5,1099	275,0446
Mo x Zn	2	5,1883	17,5960	57,3071
B x Mo x Zn	4	4,6135	21,4924	257,0918
Resíduo	34	7,6521	20,9866	338,6121
C.V. (%)		32,25	32,36	32,90

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

As médias do acúmulo de matéria seca por ocasião da maturação são apresentadas na Tabela 15. Nota-se que a utilização de 75 g/ha de Mo proporcionou acréscimos no acúmulo de matéria seca em todas as características avaliadas (respectivamente 23%, 26% e 22% para hastes + ramos, vagens e grãos), confirmando os resultados do ensaio em casa-de-vegetação do presente trabalho e os de Alvarenga (1995).

Da mesma forma que no ensaio de casa-de-vegetação, o acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação não foi afetado pela aplicação foliar de boro, conforme pode ser observado na Tabela 15, onde as médias pouco variaram em função das doses empregadas. Considerando que o teor de boro no solo era insuficiente, é possível que, como já mencionado, as doses empregadas não tenham sido as mais adequadas para uso foliar, sendo recomendável, em futuros trabalhos, aplicações que explorem uma maior amplitude de doses.

TABELA 15. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio de outono-inverno (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996¹.

Tratamentos	Matéria Seca (g)		
	Hastes + Ramos	Vagens	Grãos
0 g B/ha	8,69	13,61	55,73
20 g B/ha	9,02	14,31	56,85
40 g B/ha	8,03	14,55	55,23
0 g Mo/ha	7,71 b	12,52 b	50,35 b
75 g Mo/ha	9,45 a	15,79 a	61,52 a
0 g Zn/ha	9,08	16,09	59,41
45 g Zn/ha	8,20	13,47	53,59
90 g Zn/ha	8,46	12,94	54,80
Média	8,58	14,16	55,94

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível 5%.

Como também não foi observada resposta significativa do acúmulo da matéria seca na maturação em relação à aplicação de zinco ou suas interações, pode ser argumentado que o teor do micronutriente no solo, de 1,9 mg/dm³ (Tabela 1), apesar de não se encontrar na faixa considerada adequada para as culturas (segundo Oliveira e Thung, 1988, de 4 a 20 mg/dm³), foi suficiente para suprir as plantas nestas fases. Esta hipótese é corroborada por Lopes e Carvalho (1988), para quem a faixa crítica de zinco no solo é menor (0,8 a 1,0 mg/dm³) que o teor do solo em estudo.

A inadequação das doses utilizadas é outro aspecto que não pode ser negligenciado também no caso do zinco, juntamente com a época de aplicação, pois a maior absorção deste nutriente pela planta ocorre até 40 dias (El-Husny, 1992).

4.2.3 Rendimento de grãos e componentes

Na Tabela 16 é apresentado um resumo da análise de variância para o rendimento de grãos e seus componentes. Quanto à precisão experimental, observa-se que o valor do C.V. para rendimento de grãos ficou pouco acima do que normalmente é conseguido para a cultura do feijão na região (Abreu et al., 1994), enquanto o obtido para o número de vagens/planta atingiu um valor que, segundo Diniz (1995), tem sido comum em ensaios de campo com a cultura do feijão.

Verifica-se pelo teste F que houve significância da fonte de variação molibdênio sobre o rendimento de grãos, peso de cem sementes e número de vagens/planta. Alvarenga (1995) e Diniz (1995) também obtiveram respostas do molibdênio sobre estas características. Também houve significância da interação molibdênio x zinco sobre o número de grãos/vagem, mas as demais fontes de variação não influenciaram nenhuma das características avaliadas (Tabela 16).

TABELA 16. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos e componentes do rendimento do feijoeiro no ensaio de outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados		Médios	
		Rendimento de grãos	Nº vagens por planta	Nº grãos por vagem	Peso de cem grãos
Blocos	2				
Boro (B)	2	123868,1118	0,3635	0,1549	0,7226
Molib. (Mo)	1	2847358,8555**	13,4002*	0,1251	14,6220**
Zinco (Zn)	2	36517,2753	2,3068	0,2605	2,4849
B x Mo	2	34915,8056	2,7123	0,0368	0,0566
B x Zn	4	243448,8334	2,1062	0,1188	0,8000
M x Zn	2	55027,7392	0,5312	0,8357**	0,5502
B x Mo x Zn	4	172077,1708	1,7351	0,1140	0,7139
Resíduo	34	229311,7479	2,9045	0,1395	1,0292
C.V. (%)		33,20	29,45	7,19	4,80

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

As médias das características avaliadas em função das doses de B, Mo e Zn empregadas são apresentadas na Tabela 17. Nota-se que o rendimento de grãos obtido (1442 kg/ha), mesmo sob condições de irrigação, foi inferior à média nacional para esta safra, que é da ordem de 2034 kg/ha (Agroanalysis, 1996). No entanto, é necessário considerar que a cultura sofreu ataque de mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) durante a formação de vagens e que a colheita ocorreu durante período de chuvas, já no mês de novembro (Figura 1). Mesmo assim, o acréscimo obtido no rendimento de grãos com a aplicação foliar de molibdênio foi de 38% em relação à testemunha. Este resultado é comparável ao obtido por Diniz (1995), que atingiu 40% de acréscimo, também em ensaio de outono/inverno.

Com relação ao número de vagens por planta, o acréscimo obtido com a aplicação de 75 g/ha de molibdênio foi de 19% (Tabela 17) e nota-se que esta variável apresentou um comportamento semelhante ao do rendimento de grãos, demonstrando mais uma vez que esta é, realmente, uma variável que geralmente se correlaciona bem com a produtividade, conforme afirmaram Santa Cecília, Ramalho e Silva (1974).

TABELA 17. Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio de outono-inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.⁽¹⁾

Tratamentos	Rendimento (kg/ha)	Nº vagens por planta	Nº grãos por vagem	Peso de cem sementes (g)
0 g B/ha	1353	5,9	5,2	20,99
20 g B/ha	1517	5,8	5,1	21,38
40 g B/ha	1458	5,6	5,3	21,11
0 g Mo/ha	1213 b	5,3 b	5,2	20,64 b
75 g Mo/ha	1672 a	6,3 a	5,2	21,68 a
0 g Zn/ha	1426	6,2	5,3	21,02
45 g Zn/ha	1493	5,5	5,2	21,58
90 g Zn/ha	1408	5,7	5,1	20,87
Média	1442	5,8	5,2	21,16

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1% (Rendimento e Peso de cem grãos) ou 5% (Nº vagens por planta).

Quanto ao número de grãos por vagem observa-se que, apesar de tratar-se de característica varietal, ela foi ligeiramente influenciada pela interação molibdênio x zinco. Na Figura 9 observa-se que houve uma relação quadrática entre doses de Zn e esta variável, modificada pelas doses de Mo. Sem aplicação de molibdênio o aumento da dose de zinco provocou crescente redução do número de grãos por vagem, enquanto na presença de 75 g/ha de Mo o número de grãos por vagem permaneceu na faixa de 5,0 a 5,5, parecendo indicar uma interação positiva entre os dois micronutrientes. É provável que esta interação esteja relacionada com o envolvimento de ambos, em última análise, na síntese proteica (Malavolta, 1980 ; Barbosa Filho, 1987).

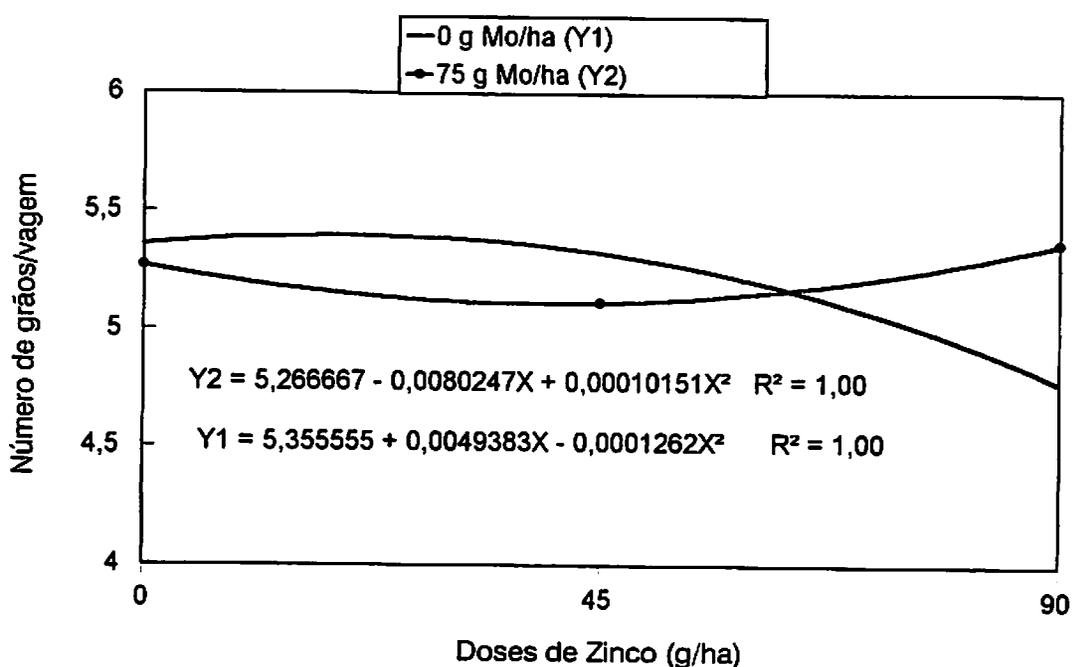


FIGURA 9. Efeito de doses de zinco sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro, em função de doses de molibdênio, no ensaio outono/inverno. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Quanto ao peso de cem grãos (Tabela 17), houve um acréscimo de 5% quando se utilizou o molibdênio, o que confirma resultados já obtidos por Amane et al. (1993), Amane (1994) e Diniz (1995), os quais verificaram aumento no peso médio do grão com o emprego do micronutriente.

É interessante assinalar que no presente ensaio foram obtidas respostas do feijoeiro à aplicação de molibdênio em pH relativamente alto (pH = 5,9), condição em que normalmente não se espera resposta, pois segundo Malavolta (1980) e Santos (1991), com o aumento do pH há menor adsorção do micronutriente, aumentando sua disponibilidade. Provavelmente as respostas deste ensaio se devem a uma baixa disponibilidade do micronutriente no solo, o que também tem ocorrido na região de Viçosa-MG (Vieira, Nogueira e Araújo, 1992). Trabalhos anteriores realizados por Diniz (1995) e Rodrigues (1995) em Lavras-MG, em solos com valores de pH semelhantes (5,8 e 5,7), não verificaram influência do Mo sobre as características avaliadas, mas em pH inferiores registraram respostas.

As respostas conseguidas com a utilização de 75 g/ha de molibdênio via foliar, neste trabalho, de certa forma, vêm confirmar os resultados obtidos por Rodrigues (1995) e Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996), os quais recomendam aumentar as doses normalmente usadas por outros autores como Alvarenga (1995) e Diniz (1995), que utilizaram 20 a 40 g/ha de molibdênio e Silveira, Dynia e Zimmermann (1996) que empregaram doses de até 30 g/ha. Berger (1995) também constatou que doses de 80 a 90 g/ha deste micronutriente, em pulverização foliar, são mais favoráveis à produção do feijoeiro.

O comportamento do boro e do zinco, no que diz respeito ao rendimento de grãos e seus componentes, mais uma vez corroboram com os argumentos já apresentados para a falta de resposta à aplicação daqueles micronutrientes por via foliar, justificando outros trabalhos de pesquisa que visem a identificação de doses que possam vir a ser recomendadas para a cultura do feijão, bem como as melhores épocas de aplicação.

4.3. Segundo ensaio de campo (“águas”-96/97)

4.3.1 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da floração

Na Tabela 18 é apresentado um resumo da análise de variância do acúmulo de matéria seca pelo feijoeiro por ocasião da floração. Inicialmente, nota-se que a precisão

experimental obtida neste ensaio foi superior à do experimento de outono-inverno e próxima à precisão conseguida no ensaio em casa-de-vegetação e no trabalho de Alvarenga (1995), estudando o efeito do molibdênio no campo.

Verifica-se, pelo teste F (Tabela 18), que nenhuma das características avaliadas foi significativamente afetada pelos fatores estudados ou suas interações, resultado que difere dos obtidos nos ensaios anteriores.

TABELA 18. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da floração no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		Hastes + Ramos	Folhas
Blocos	2		
Boro (B)	2	0,0467	3,3443
Molib.(Mo)	1	0,0669	8,6895
Zinco (Zn)	2	3,3219	52,1208
B x Mo	2	1,4756	37,1252
B x Zn	4	4,6003	29,0847
Mo x Zn	2	0,4262	20,3643
B x Mo x Zn	4	0,3909	43,6261
resíduo	34	3,9556	44,4214
CV%		30,30	22,75

Na Tabela 19 são apresentadas as médias das características avaliadas em função das doses de B, Mo e Zn. Os valores encontrados para a matéria seca de hastes + ramos foram comparáveis aos obtidos no ensaio de outono-inverno, mas em relação às folhas, o presente ensaio demonstrou maiores valores, indicando maior crescimento das plantas. É provável que a maior produção de folhas nesta época das “águas” esteja relacionada com as melhores condições de temperatura e umidade, mais favoráveis ao crescimento vegetativo, e à maior dose de nitrogênio utilizada (cobertura).

Da mesma forma que nos ensaios de casa-de-vegetação e outono-inverno, não foi verificado efeito significativo das doses de boro e zinco. Como já discutido para os ensaios

anteriores, o tempo decorrido entre a aplicação desses micronutrientes e o corte das plantas (no início da floração) foi muito curto.

Na presente safra (águas), o número de dias para o florescimento é inferior ao da safra de outono-inverno, fato que talvez pode estar envolvido também na falta de resposta ao molibdênio, uma vez que de acordo com o tempo necessário para ocorrer 50% de absorção é de 10 a 20 dias. Na safra de outono-inverno, deve ser lembrado, a resposta ao molibdênio já se manifestou no florescimento. Outro aspecto importante a ser considerado nas “águas” é que ocorreram chuvas próximas ao dia da aplicação do molibdênio, o que poderia ter contribuído para menor absorção.

Outra diferença para o ensaio de outono-inverno diz respeito à adubação nitrogenada em cobertura, realizada somente neste ensaio das “águas”, onde o efeito do molibdênio pode ter sido mascarado pela adição do nitrogênio. Embora isto seja possível, dos vários trabalhos revisados sobre o efeito do molibdênio, apenas um ensaio preliminar realizado por Diniz (1995) apresentou interação significativa entre molibdênio e nitrogênio em cobertura. Os demais ensaios não mostraram esta interação.

TABELA 19. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos e folhas do feijoeiro por ocasião da floração, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas” (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

Tratamentos	Matéria Seca (g/planta)	
	Hastes + Ramos	Folhas
0 g B/ha	6,55	29,11
20 g B/ha	6,62	28,99
40 g B/ha	6,52	29,79
0 g Mo/ha	6,53	28,89
75 g Mo/ha	6,60	29,69
0 g Zn/ha	6,13	27,53
45 g Zn/ha	6,99	30,93
90 g Zn/ha	6,58	29,43
Média	6,56	29,29

4.3.2 Acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação

Um resumo da análise de variância dos dados do acúmulo de matéria seca no feijoeiro por ocasião da maturação é apresentado na Tabela 20. A julgar pelo coeficiente de variação (C.V.) a precisão experimental foi superior à obtida no experimento da safra de outono/inverno. Verifica-se, pelo teste F, que as características matéria seca de vagens e matéria seca de grãos foram afetadas significativamente pela aplicação de molibdênio foliar, enquanto as demais fontes de variação não foram significativas para nenhuma das características avaliadas.

TABELA 20. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca do feijoeiro por ocasião da maturação no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Hastes + Ramos	Vagens	Grãos
Blocos	2			
Boro (B)	2	11,2601	9,9868	70,5613
Molib. (Mo)	1	33,6538	75,2840**	864,8811**
Zinco (Zn)	2	2,8342	9,9255	65,2784
B x Mo	2	3,5605	2,5887	28,2742
B x Zn	4	6,2973	4,9933	49,7635
Mo x Zn	2	3,3828	10,4003	71,1728
B x Mo x Zn	4	8,8512	2,9740	26,8239
Resíduo	34	13,8447	5,2179	59,8285
CV%		23,76	25,15	31,42

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

O acúmulo médio de matéria seca nas diferentes partes do feijoeiro por ocasião da maturação estão apresentados na Tabela 21. Primeiramente, é preciso registrar que o acúmulo de matéria seca nas vagens e nos grãos foi inferior àquele verificado no ensaio de outono-inverno. Considerando que no outono-inverno o período de enchimento de grãos é aumentado na região, em função das condições de temperaturas mais amenas, é possível que na presente safra das “águas” a translocação de assimilados para os drenos fisiológicos tenha cessado mais

precocemente, conduzindo a menor acúmulo de matéria seca, principalmente nos grãos. O baixo nível de boro no solo pode ser outro fator que contribuiu para os valores reduzidos de matéria seca.

Os acréscimos obtidos para as duas variáveis que se mostraram influenciadas pelo molibdênio (vagens e grãos) foram de 30% e 39%, respectivamente, em relação à testemunha sem molibdênio e foram superiores aos obtidos no ensaio anterior. Verifica-se ainda que, no caso da matéria seca de hastes + ramos, apesar da análise não detectar diferenças significativas, houve tendência de maior acúmulo quando o molibdênio foi aplicado.

Este efeito positivo do molibdênio confirma resultados obtidos no ensaio de casa-de-vegetação (Tabela 5) e no ensaio de campo do outono-inverno (Tabela 15). É provável que o molibdênio, atuando positivamente no sistema enzimático da nitrato-redutase (Vieira, 1994b), tenha favorecido o metabolismo do nitrogênio, resultando em maior crescimento e desenvolvimento dos feijoeiros.

TABELA 21. Acúmulo médio de matéria seca nas hastes + ramos, vagens e grãos do feijoeiro por ocasião da maturação, em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas” (média de 10 plantas). UFLA, Lavras-MG, 1996/97¹.

Tratamentos	Matéria Seca (g)		
	Hastes + Ramos	Vagens	Grãos
0 g B/ha	16,48	9,94	26,90
20 g B/ha	15,61	8,64	23,32
40 g B/ha	14,90	8,66	23,64
0 g Mo/ha	14,87	7,90 b	20,62 b
75 g Mo/ha	16,45	10,26 a	28,62 a
0 g Zn/ha	15,84	8,82	24,10
45 g Zn/ha	15,21	8,51	23,03
90 g Zn/ha	15,94	9,92	26,73
Média	15,66	9,08	24,62

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1%.

Nesta safra das “águas” também não foram detectados quaisquer efeitos do boro e zinco. Como os teores desses nutrientes no solo utilizado nesta época foram semelhantes ao do solo do outono-inverno, aqui também são válidos os argumentos discutidos para o ensaio anterior.

4.3.3 Rendimento de grãos, componentes do rendimento e estande final

A Tabela 22 apresenta um resumo da análise de variância do rendimento, dos seus componentes e do estande final. A precisão experimental foi boa, uma vez que o C.V do rendimento de grãos atingiu valores médios de acordo com a classificação de Estefanel, Pignataro e Storck (1987). Para as demais variáveis, os valores do C.V. se mostraram próximos ou inferiores aos encontrados por outros pesquisadores como Alvarenga (1995), Diniz (1995) e Rodrigues (1995), podendo ainda serem considerados normais de acordo com Abreu et al. (1994). Verifica-se, pelo teste F, que todas as variáveis estudadas, exceto estande final, foram significativamente influenciadas pela aplicação do molibdênio foliar (75 g/ha de Mo). A fonte de variação boro mostrou-se significativa sobre o estande final, a interação boro x molibdênio sobre o peso de cem grãos e a interação boro x zinco sobre o número de grãos por vagem. As demais fontes de variação não influenciaram significativamente nenhuma variável estudada.

TABELA 22. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos, componentes do rendimento e estande final do feijoeiro no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

Fontes de Variação	Graus de Liber.	Quadrados		Médios		
		Rendimento de Grãos	Nº Vagens por Planta	Nº Grãos por Vagem	Peso Cem Grãos	Estande Final
Blocos	2					
Boro (B)	2	29742,7130	0,9801	0,3479	0,1087	211,7222*
Molib. (Mo)	1	912236,4422**	10,4896**	3,9473**	16,8001**	1,1851
Zinco (Zn)	2	21235,9674	1,4679	0,1562	1,1728	62,0555
B x Mo	2	23235,0667	1,6924	0,0457	1,7182*	4,0185
B x Zn	4	12276,2947	0,3018	1,6165**	0,0680	95,2777
Mo x Zn	2	73935,5215	0,4846	0,4718	0,0129	60,0185
B x Mo x Zn	4	603,6988	1,5740	0,1026	0,4144	126,5185
Resíduo	34	26224,4790	1,2807	0,3694	0,4517	53,4278
C.V. (%)		23,98	22,22	14,89	4,93	6,63

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

As médias das características estudadas, em função das doses de B, Mo e Zn, estão na Tabela 23. A produtividade média apresentou-se um pouco inferior à média nacional obtida nesta safra, 714 kg/ha (Agroanalysis, 1996). Este fato provavelmente ocorreu porque além das condições adversas normalmente encontradas para o cultivo das “águas” (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992), neste caso a cultura sofreu um ataque intenso de mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*). O rendimento obtido com a aplicação de molibdênio foi 805 kg/ha, superior à média nacional e 48% superior à testemunha (sem Mo), acréscimo de maior magnitude que os obtidos na mesma safra por Diniz (1995) e Rodrigues (1995).

O número de vagens por planta, por ser a variável que mais se correlaciona com rendimento de grãos (Santa Cecília, Ramalho e Silva, 1974), naturalmente já se esperava que fosse também aumentado com a aplicação de molibdênio. O acréscimo observado foi da ordem de 17%.

Conforme já discutido, esses efeitos da aplicação de molibdênio sobre o rendimento de grãos e sobre o número de vagens por planta já são bastante conhecidos (Alvarenga, 1995 ; Diniz, 1995 ; Rodrigues, Andrade e Carvalho, 1996), tendo sido também verificados nos três ensaios do presente trabalho. Com relação aos demais componentes do rendimento, verifica-se que além do efeito principal da aplicação de 75 g/ha de Mo, houve efeito da interação boro x zinco sobre o número de grãos por vagem (Figura 10) e da interação boro x molibdênio sobre o peso de cem grãos (Figura 11). No que se refere à interação boro x zinco, Malavolta (1980) afirma que o boro diminui a absorção foliar de zinco. No caso da interação boro x molibdênio, o boro pareceu aumentar o peso dos grãos na ausência de molibdênio e reduzi-lo na presença de 75 g/ha de Mo. O efeito dessas interações, entretanto, foi de pequena magnitude e é provável que somente tenham sido detectados em função da boa precisão experimental com que aquelas características foram estimadas. Diante deste argumento, não resta outra alternativa senão discutir os dados com relação ao efeito principal do molibdênio, este sim, também verificado por outros autores (Amane, 1994 ; Alvarenga, 1995 ; Diniz, 1995 ; Rodrigues, Andrade e Carvalho, 1996).

O número de grãos por vagem, apesar de ser uma característica varietal e da qual não se esperava resposta à aplicação de nutrientes, teve um acréscimo de 16% quando se aplicou molibdênio. Isto provavelmente ocorreu porque mesmo com o aumento do número de vagens, a aplicação de molibdênio permitiu melhor metabolismo de nitrogênio, atuando na síntese e translocação de proteínas e fotoassimilados para as vagens.

TABELA 23. Valores médios do rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de cem grãos e estande final do feijoeiro em função de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97¹.

Tratamentos	Rendimento (kg/ha)	N ^o Vagens por Planta	N ^o Grãos por Vagem	Peso de Cem Grãos (g)	Estande Final (4 m ²)
0 g B/ha	722	5,4	4,2	13,69	114
20 g B/ha	657	5,0	3,9	13,66	108
40 g B/ha	647	5,0	4,1	13,55	109
0 g Mo/ha	545 b	4,7 b	3,8 b	13,08 b	110
75 g Mo/ha	805 a	5,5 a	4,4 a	14,19 a	110
0 g Zn/ha	675	5,0	4,0	13,69	111
45 g Zn/ha	641	4,9	4,0	13,35	112
90 g Zn/ha	710	5,4	4,2	13,86	108
Média	675	5,1	4,1	13,63	110

⁽¹⁾Dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem significativamente pelo teste F ao nível de 1%.

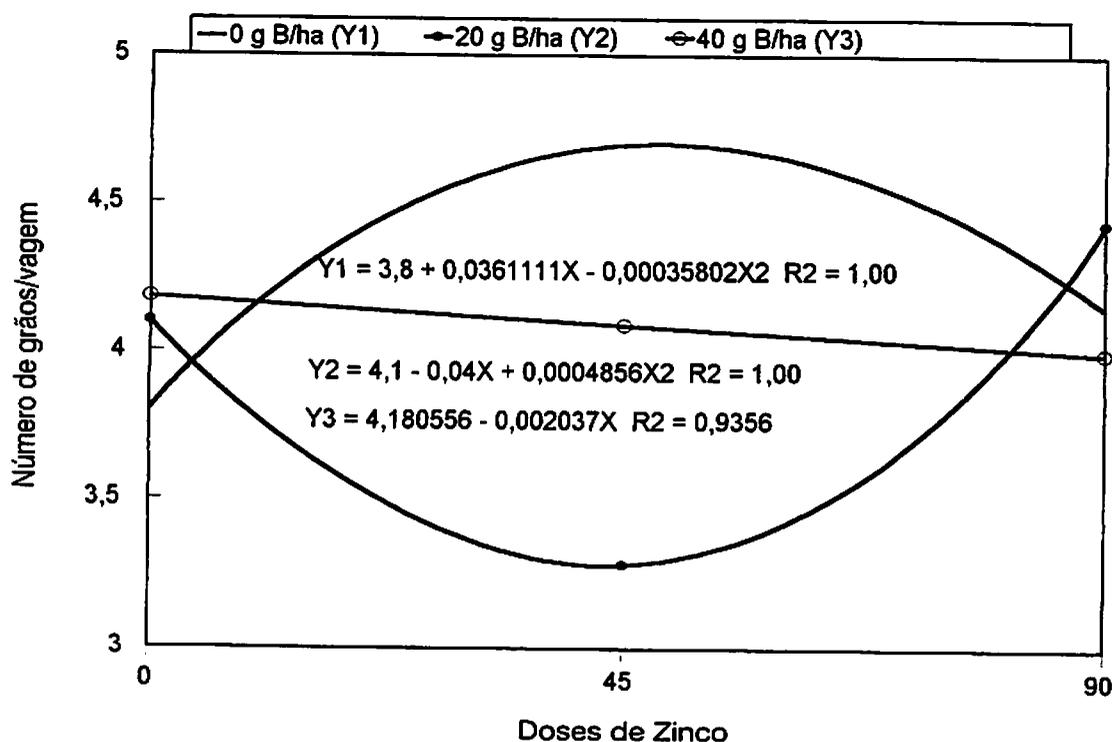


FIGURA 10. Efeito de doses de zinco sobre o número de grãos por vagem, em função de doses de boro, no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

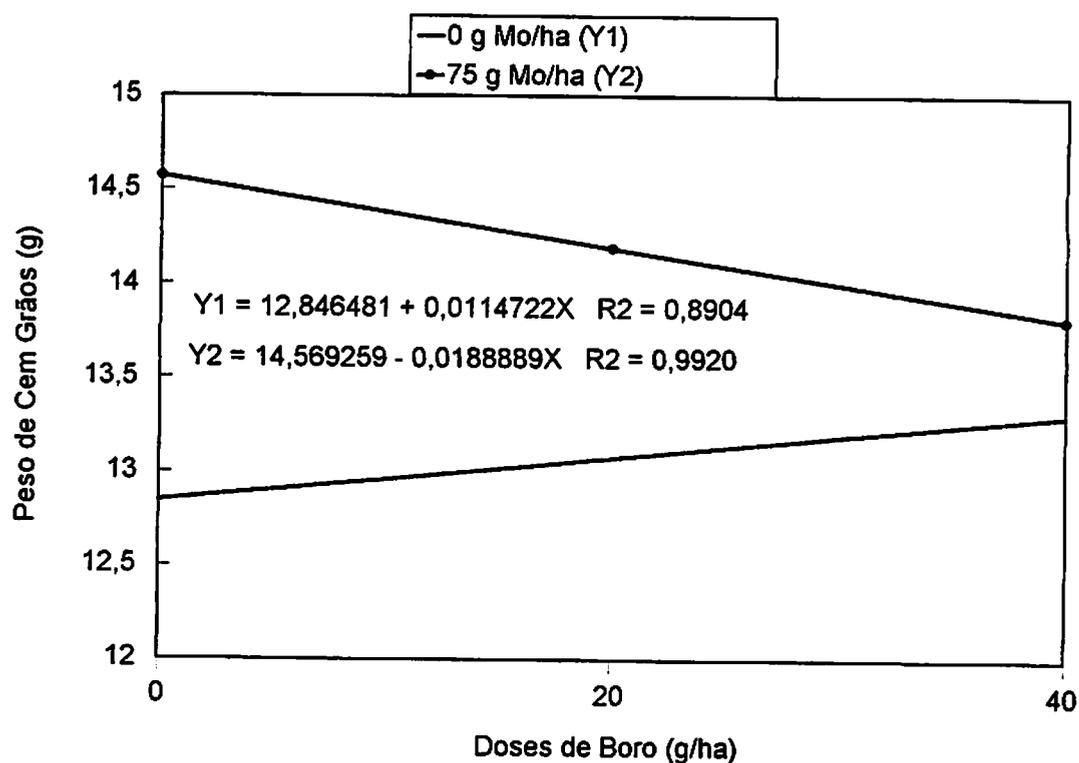


FIGURA 11. Efeito de doses de boro sobre o peso de cem grãos, em função de doses de molibdênio, no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

O estande final médio do ensaio foi 110 plantas por parcela útil (Tabela 23), ficando, portanto, acima da recomendação de 12 plantas por metro. Como pode ser observado na Figura 12, os dados ajustaram-se ($R^2 = 1,00$) a uma equação quadrática, sugerindo que a aplicação de boro influenciou negativamente o estande final, reduzindo-o com o aumento da dose. Efeito negativo de doses crescentes de boro sobre o estande foi verificado por Silveira, Dynia e Zimmermann (1996), mas no seu trabalho os autores aplicaram o boro via solo. No presente ensaio o boro foi aplicado via foliar, já no final da etapa V₄ e não foram verificados quaisquer sintomas de fitotoxicidade, invalidando a hipótese de dano ao estande do feijoeiro. É provável que, à semelhança do que ocorreu com o número de grãos por vagem e com o peso dos grãos, a significância tenha sido detectada em função da ótima precisão experimental obtida nesta estimativa, e não por causa de um efeito fitotóxico do boro.

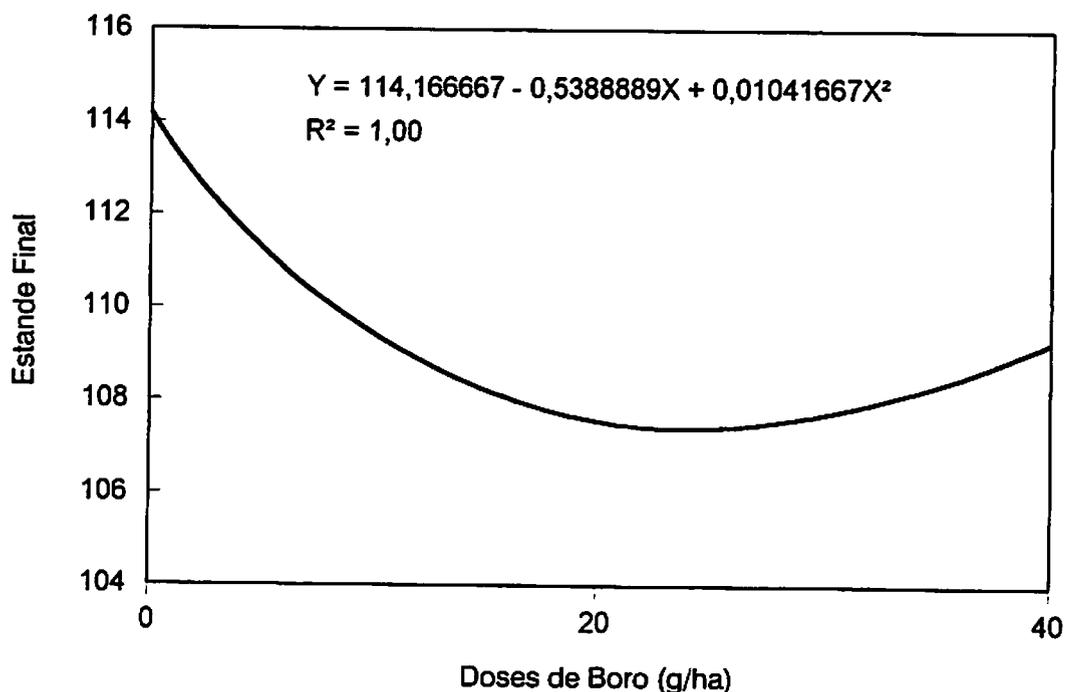


FIGURA 12. Efeito de doses de boro sobre o estande final no ensaio das “águas”. UFLA, Lavras-MG, 1996/97.

Finalizando a discussão, observa-se que em várias oportunidades neste trabalho foram sugeridas algumas considerações para tentar explicar a falta de resposta a dois micronutrientes essenciais, boro e zinco. É importante ressaltar que, ao contrário do molibdênio, existem pouquíssimas informações sobre a sua aplicação foliar na cultura do feijão, razão pela qual as doses empregadas no presente trabalho foram estabelecidas a partir de resultados de extração dos referidos micronutrientes. É possível especular, entretanto, que ao se aplicar via foliar as quantidades extraídas, não estejam sendo considerados aspectos relacionados com a eficiência de absorção. Esta colocação corrobora com a sugestão, já mencionada, de que em futuros trabalhos se possam empregar outras doses e épocas de aplicação, aumentando a amplitude dos tratamentos.

5 CONCLUSÕES

1. As aplicações de boro e zinco, nas doses empregadas, afetaram de maneira significativa um número reduzido de variáveis, através apenas de suas interações com o molibdênio. A falta de resposta a boro e zinco, cujos teores no solo eram baixos, foi atribuída a uma possível inadequação das doses ou épocas empregadas, sugerindo-se que em trabalhos futuros, sejam utilizadas doses mais elevadas, principalmente para o boro, e aplicações mais precoces no caso do zinco.
2. A aplicação de 75 g/ha de Mo proporcionou maior acúmulo de matéria seca nas hastes + ramos, folhas, vagens e grãos do feijoeiro, o que resultou também em acréscimo no rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de cem grãos);
3. A dose de 75 g/ha de Mo aumentou o teor de nitrogênio e, por efeito de diluição, reduziu os teores de fósforo, magnésio e boro nos grãos. Os teores de enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro foram influenciados pelas interações entre boro, molibdênio e/ou zinco, mas a baixa precisão experimental tornou difíceis quaisquer inferências, tornando-se necessário, em trabalhos dessa natureza, aumentar o tamanho da parcela.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B. ; RAMALHO, M.A.P. ; SANTOS, J. B. dos ; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro: nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- AGROANALYSIS: revista de economia agrícola da FGV, Rio de Janeiro, v.16, n.11, nov. 1996.
- AGROANALYSIS: revista de economia agrícola da FGV, Rio de Janeiro, v.17, n.3, mar. 1997.
- ALVARENGA, P.E. de. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molibídica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli***. Lavras: UFLA, 1995. 67p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- AMANE, M.I.V. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molibídica**. Viçosa: UFV, 1994. 70p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- AMANE, M.I.V. ; VIEIRA, C. ; CARDOSO, A.A. ; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão às adubações nitrogenada e molibídica. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. (Resumo, 158).
- AMARAL, F.A.L. ; REZENDE, H.E.C. ; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. ; MALAVOLTA, E. Exigências de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: ANAIS da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba: ESALQ, 1980. v.37, p.223-239.
- AMBROSANO, E.J. ; TANAKA, R.T. ; MIRANDA, M.A.C. de ; MASCARENHAS, H.A.A. Deficiência de boro em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em terra proveniente de várzea. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.65, n.1, p.37-46, maio 1990.

- ANDRADE, M.J.B. de ; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06).
- ANDRADE, M.J.B. de ; RAMALHO, M.A.P. ; ABREU, A. de F.B. ; ALVARENGA, P.E. de. Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura e da aplicação foliar de molibdênio na cultura do feijão na região de Lavras, MG. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. Resumos... Londrina, IAPAR, 1993. (Resumo, 170).
- ARAÚJO, G.A. de A. **Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa: UFV, 1977. 30p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 120 p. (Boletim Técnico, 9).
- BARBOSA FILHO, M.P. ; JUNQUEIRA NETTO, A. ; GUEDES, G.A. de A. ; REZENDE, P.M. de. Efeito de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.2, p.107-116, jul./dez. 1979.
- BARROW, N.J. Testing a mechanistic model. X. The effect of pH and electrolyte concentration on borate sorption by a soil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.40, n.2, p.427-435, June 1989.
- BERGER, K.C. ; PRATT, P.F. Advances in secondary and micronutrient fertilization. In: MALCON, H. M. ; BRIDGER, G.L. ; NELSON, L.B. **Fertilizers technology and usage**. Madison: Soil Science Society of America, 1963. p. 287-340.
- BERGER, K.C. ; TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plants and soil tests. **Journal of the American Society of Agronomy**, Geneva, v.32, n.3, p.297-301, Mar. 1940.
- BERGER, P.G. **Adubação molíbdica na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): doses, épocas e modos de aplicação**. Viçosa: UFV, 1995. 75p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- BERGER, P.G. ; VIEIRA, C. ; ARAÚJO, G.A.A.T.A. Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeito de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. Resumos... Londrina: IAPAR, 1993. n.p. (Resumos, 159).

- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A.T.A ; MIRANDA, G.V. Adubação molibídica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de épocas de aplicação. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. Resumos... Londrina: IAPAR, 1993. n.p. (Resumos, 160).
- BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Revista Ceres*, Viçosa, v.19, n.103, p.222-226, maio/jun. 1972.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola. Normais climatológicas (MG, ES, RJ). Rio de Janeiro, 1969. 99p.
- BRASIL SOBRINHO, M. de C. do. Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1965. 135p. (Tese - Livre-Docência).
- CAMARGO, P.N. ; SILVA, O. Manual de adubação foliar. São Paulo: Herba, 1975. 258p.
- CARVALHO, B.C.L. ; MENDES, J.E.S. ; GOMES, J.C. ; SANTOS, D.P. ; NUNES, J.A.C. ; FRANCO, C.B. ; LEITE, J.M. Adubação mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado da Bahia: efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes (B, Zn, Cu e Mo) nas regiões de Irecê e Tucano. In: PROJETO feijão. Salvador: Secretaria da Agricultura, 1974. p.119-140.
- CASTRO NETO, P. ; SILVEIRA, J.V.P. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais baseada na função distribuição de probabilidades gama I. Períodos mensais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.5, n.2, p.144-151, jul./dez. 1981.
- CATANI, R.A. ; ALCARDE, J.C. ; FURLANI, P.R. Adsorção de molibdênio pelo solo. In: ANAIS da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba: ESALQ, 1970. v.27, p.223-237.
- COLLINS, J.C. Zinc. In: LEPP, N.W. Effect of heavy metal pollution on plant. London: Applied Science, 1970. v.1, c.5, p.145-170.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 4ª aproximação. Lavras, 1989. 176p.

- CORRÊA, J.R.V. Efeitos de inoculante, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca. Lavras: ESAL, 1984. 86p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- CRUZ, M.C. ; NAKAMURA, A.M. ; FERREIRA, M.E. Adsorção de boro pelo solo, efeito da concentração e do pH. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.6, p.621-626, jun. 1987.
- DANTAS, J.P. Boro. In: FERREIRA, M.E. ; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.113-130.
- DAVIES, E.B. Factors affecting molybdenum in soils. *Soil Science*, Baltimore, v.81, n.3, p.209-221, Mar. 1956.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Diagnose Visual. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991a. p.273-288.
- DECHEN, A.R. ; HAAG, H.P. ; CARMELLO, Q.A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E. ; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991b. p.65-78.
- DINIZ, A.C. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. Lavras: UFLA, 1995. 60p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- EL-HUSNY, J. C. Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do norte de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Arroz e Feijão. **Informativo anual das comissões técnicas regionais de feijão: cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1996/97**. Goiânia, 1996. 29p.
- ESTEFANEL, V. ; PIGNATARO, I.A.B. ; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2, Londrina, 1987. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1987. p.115-131.

- EVANS, C.M. ; SPARKS, D.L. On the chemistry and mineralogy of boron in pure and mixed systems: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.14, n.19, p. 827-846, May/June 1983.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Dados agroclimatológicos para America Latina y el Caribe**. Roma, 1985. n.p. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, 24).
- FORNASIERI FILHO, D.; VITTI, G.C.; MALHEIROS, E.B.; DECARO, S.; LAM-SÁNCHEZ, A. Efeito da inoculação associada à aplicação de micronutrientes e nitrogênio mineral na cultura do feijoeiro cv. Carioca 80. **Científica**, Jaboticabal, v.16, n.2, p.197-207, jul./dez. 1988.
- FRANCO, A.A. ; DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, Costa Rica, v.30, n.1, p.99-105, Feb./Mar. 1980.
- FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium*-feijão e influência de diferentes nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.2, n.1, p. 467-474, jan. 1967.
- GARCIA, L. Efeitos dos níveis de saturação em bases e micronutrientes sobre a produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras: ESAL, 1990. 83p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460p.
- GONZALES, B.R. ; APPECI, H. ; SCHALCHA, E.B. ; BINGHAM, F.T. Molybdate adsorption characteristics of volcanic-ash-derived soils in Chile. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, v.38, n.6, p.903-906, Nov./Dec. 1974.
- HADAS, A. ; HAGIN, J. Boron adsorption by soils as influenced by potassium. **Soil Science**, Baltimore, v.113, n.3, p.189-193, Mar. 1972.
- HEWITT, E.J. Symptoms of molybdenum deficiency in plants. **Soil Science**, Maryland, v.81, n.3, p.159-174, Mar. 1956.

- HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo - um exemplo da aplicação dos diagramas Eh-pH. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.2, p.98-103, 1978.
- HOWELER, R.H. ; FLOR, C.A. ; GONZALES, C.A. Diagnosis and correction of boro deficiency in beans and mung beans in a mollisol from the Cauca Valley of Colombia. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.493-496, May/June 1978.
- JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Conteúdo de molibdênio nas sementes para auto suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.196, p.628-633, nov./dez. 1986.
- 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.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.136, p.628-633, nov./dez. 1977.
- KHAN, A.; SOLTANPOUR, P.N. Fatores associated with Zn chlorosis in dryland beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.6, p.1022-1026, Nov./Dec. 1978.
- KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrients. In: MORVEDT, M.G. ; LINDSAY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.7-36.
- LOPES, A.S. **A survey of fertility status of soil under cerrado vegetation in Brazil**. Raleigh: North Caroline State University, 1975. 138p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- LOPES, A.S. ; CARVALHO, J.G. de. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKER, C.M. ; LATMANN, A. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA- CNPSO/IAPAR/SBCCS, 1988. p.133-178.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. ; BOARETTO, A.F. ; PAULINO, V.T. Micronutrientes - uma visão geral. In: FERREIRA, M.E. ; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFÓS, 1991. p. 1-33.

- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M. de. C. do. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 752p.
- MALAVOLTA, E. ; MURAOKA, T. **Avaliação do estudo nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos**. Piracicaba, CENA-USP, 1985. 7p. (xerox).
- MALAVOLTA, E. ; VITTI, G.C. ; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 210p.
- MARTINS, L.A. ; SOUZA, F.F. de ; RAMALHO, M.A.P. ; ABREU, A. de F.B. Variabilidade da taxa e da duração do período de acúmulo de matéria seca nos grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.2, p.165-170, abr./jun. 1994.
- MELLO, E.F.R.Q. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a níveis de zinco nas formas inorgânica e orgânica em casa de vegetação e no campo**. Curitiba: UFP, 1990. 125p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- MENDES, J.E.S. **Efeitos de boro, molibdênio e zinco aplicados via sementes sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo de cerrado**. Lavras: ESAL, 1984. 72p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- MENGEL, K.; KIRKBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute. 1987. 687 p.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; ALVES, S.; ROCHA, T.R. Adubação mineral do feijoeiro: III - efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em solo massapê salmourão. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.15, p.179-188, ago. 1966a.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; CAMPANA, M. Adubação mineral do feijoeiro: II - efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em terra roxa misturada. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.13, p.145-159, jul. 1966b.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C.; LEITE, N. Adubação mineral do feijoeiro: V - efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em dois solos do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.28, p.307-316, nov. 1966c.

- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; ALCOVER, M. Adubação mineral do feijoeiro: VII - efeitos de N, P, K, S, da calagem e de uma mistura de micronutrientes, no sul do Planalto Paulista. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.35, p.385-392, dez. 1966d.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T.; PARANHOS, S.B. Adubação mineral do feijoeiro: X - efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em terra roxa legítima e terra roxa misturada. *Bragantia*, Campinas, v.26, n.21, p.287-302, dez. 1967a.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; PETTINELLI, A.; IGUE, T. Adubação mineral do feijoeiro: VIII - efeitos de N, P, K, S, de uma mistura de micronutrientes, em novas experiências conduzidas em Tatuí e Tietê. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.36, p.393-405, dez. 1966e.
- MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S. Adubação do feijoeiro em solos derivados do arenito Bauru. *Bragantia*, Campinas, v.24, n.20, p.231-245, abr. 1965.
- MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; DI SORDI, G. Adubação mineral do feijoeiro: IX - efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em terra roxa misturada previamente tratada, ou não, com calcário dolomítico e adubação verde com labelabe. *Bragantia*, Campinas, v.26, n.12, p.161-180, 1967b.
- MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; FREIRE, E.S.; ROCHA, T.R.; ALVES, S.; ISSA, E. Adubação mineral do feijoeiro: VI - efeitos de N, P, K, S, e de uma mistura de micronutrientes, em solo massapê salmourão. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.34, p.371-384, dez. 1966f.
- MIYASAKA, S.; PETTINELLI, A.; FREIRE, E.S.; IGUE, T. Adubação mineral do feijoeiro: IV - efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em Tietê e Tatuí. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.27, p.297-305, nov. 1966g.
- NAKAGAWA, J.; NAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O.; MARCONDES, D.A.S. Comportamento de algumas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de micronutrientes: experimento I. *Científica*, São Paulo, v.9, n.1, p.67-71, jan./jun. 1981.

- OLIVEIRA, I.P. **Efeitos de alumínio e micronutrientes no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 196p. (Tese-Doutorado em Fitotecnia)
- OLIVEIRA, I.P. ; ARAÚJO, R.S. ; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. ; RAVA, C.A. ; STONE, L.F. ; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1996. p.169-221.
- OLIVEIRA, S.A. de ; BLANCO, S.A. ; ENGLEMAN, E.M. Influência do boro nos parâmetros morfológicos e fisiológicos de crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.683-688, maio 1982.
- OLIVEIRA, S.A. de ; KATO, E. Influência do boro sobre a produção e nutrição mineral do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.12, p.1373-1375, dez. 1983.
- OLIVEIRA, I.P. ; THUNG, M.R.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O. ; ROCHA, M. ; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1988. p.175-212.
- RAIJ, B. van. ; CANTARELLA, H. ; QUAGGIO, J.A. ; FURLANI, A.N.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- REEVE, E.; SHIVE, J. W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. **Soil Science**, Baltimore, v.57, n.1, p.1-14, Jan./June 1944.
- RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar**. Lavras: UFLA, 1995. 47p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- RODRIGUES, J.R. de M. ; ANDRADE, M.J.B. de ; CARVALHO, J.G. de. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.323-333, jul./set. 1996.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 1987. 93p. (Boletim Técnico, 8).

- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R.S. ; RAVA, C.A.; STONE, L.F. ; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p.375-390.
- ROSOLEM, C.A. ; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.68, p.1-16, Dez. 1994.
- RUSCHEL, A.P. ; BRITTO, D.P.P. de S. ; DÖBEREINER, J. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.141-145, jan. 1966.
- RUSCHEL, A.P.; ROCHA, A.C. de M.; PENTEADO, A. de F. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos da semente de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.49-52, jan. 1970.
- SANTA CECÍLIA, F.C. ; RAMALHO, M.A.P. ; SILVA, C.C. Efeitos da adubação NPK na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona sul de Minas Gerais. **Agros**, Lavras, v.4, n.2, p.3-10, jul./dez. 1974.
- SANTOS, A.B. dos; VIEIRA, C.; LOURES, E.G.; BRAGA, J.M.; THIEBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.26, n.193, p.92-101, jan./fev. 1979.
- SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E. ; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.191-217.
- SILVEIRA, P.M. da ; DYNIA, J.F. ; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.2, p.198-204, abr./jun. 1996.
- SIMS, J.L. ; SIGAFUS, R.E. ; TIARANAN, N. Effect of lime, inoculant and molybdenum pelleting of seeds on growth and nitrogen content of crownvetch. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, n.3, p.446-449, May/June 1974.
- SIQUEIRA, C. **Adsorção de molibdato em latossolo sobre vegetação de cerrado**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1976. 86p. (Tese - Mestrado em Ciência do Solo).

- SIQUEIRA, C. ; VELOSO, A.C. Adsorção de molibdênio em solos sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.2, p.98-103, maio/ago. 1978.
- SOUZA, E.C.A. de.; FERREIRA, M.E. Zinco. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.219-242.
- STEVENSON, F.J., ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.79-114.
- VIEIRA, C. Micronutrientes na cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.19-24, mar./abr. 1994a.
- VIEIRA, C. ; NOGUEIRA, A.O. ; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molibdica da cultura do feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. PROJETO feijão - Relatório 88/92. Viçosa, 1992. p.41-42.
- VIEIRA, R.F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. Piracicaba: ESALQ, 1994b. 188p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- WILCOX, G.E. ; FAGERIA, N.K. **Deficiência nutricional do feijoeiro, sua identificação e correção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1979. 21p. (Boletim Técnico, 5).