

ALEXANDRE CUNHA DE BARCELLOS FERREIRA

**NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO
EM FUNÇÃO DO MOLIBDÊNIO CONTIDO NA
SEMENTE E DA SUA APLICAÇÃO VIA FOLIAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2001

À minha esposa Renata.

Aos meus filhos Luíza e Bruno.

Aos meus pais Jerônimo e Maria.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)/Ministério da Ciência e Tecnologia, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela possibilidade de conclusão do Programa.

Ao Professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos, pela colaboração e pela paciência.

Aos Professores Paulo Cezar Rezende Fontes, Antônio Américo Cardoso e Clibas Vieira, pelas sugestões, pelos conselhos e pelos ensinamentos.

Ao Professor Valterley Soares Rocha e ao Pesquisador Rogério Faria Vieira, pelas relevantes sugestões e críticas.

A todos os professores das disciplinas cursadas durante o doutorado, pelos ensinamentos.

Aos funcionários dos Laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas e Relação Solo Planta, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Fernando Lelis Xavier, pela ajuda na realização das análises de laboratório.

Aos funcionários da UFV/Campo Experimental Diogo Alves de Mello, pela colaboração nos trabalhos de campo.

Aos funcionários do DFT-UFV, pelo apoio e pela colaboração.

Aos estudantes de graduação Nilson, Adriana, Maurício e Marcos, que colaboraram na execução de algumas atividades deste trabalho.

Aos funcionários e alunos da EPAMIG/Pitangui, pela compreensão e colaboração durante minhas ausências no CT/ITAC.

Aos meus colegas de Pós-Graduação Walter Esfrain, Raunira, Mairon, Sânzio, Dilermando, Ludmila, Marinalva, Marialva, Carlos, June, Carlos Martins, Geraldo Magela, Mauro Lúcio, Alineaurea, Luis Manoel, Cláudia e tantos outros, pela ótima convivência e pelo companheirismo.

À minha esposa Renata, pelo incentivo, pela dedicação, pela compreensão, pelo carinho e pela paciência, indispensáveis nos momentos difíceis.

Aos meus filhos Luíza e Bruno, pelo carinho, pelo amor e pela alegria.

Aos meus pais, Jerônimo e Maria, pelo incentivo e exemplo de vida.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALEXANDRE CUNHA DE BARCELLOS FERREIRA, filho de Jerônimo de Barcellos Ferreira e Maria Derotina da Cunha Barcellos, nasceu em Franca, SP, no dia 15 de outubro de 1969.

Em 1994, graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Em março de 1997, recebeu o título de *Magister Scientiae* em Fitotecnia, conferido pela UFV.

Em setembro de 1998, foi admitido, por Concurso Público, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), sendo lotado no Centro Tecnológico/Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo – Pitangui, onde desempenha, no momento, atividades de ensino técnico e pesquisa.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Importância do molibdênio na nutrição das plantas	3
2.2. Disponibilidade de molibdênio nos solos	6
2.3. Adubação molíbdica do feijoeiro	8
2.4. Níveis críticos de molibdênio nas plantas	10
2.5. Acúmulo de molibdênio em sementes e sua influência sobre as características fisiológicas	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Qualidade fisiológica das sementes com diferentes conteúdos de molibdênio	23
4.1.1. Experimento I	23
4.1.2. Experimento II	23
4.2. Produtividade de grãos e componentes da produtividade	25

4.2.1. Experimento I	25
4.2.2. Experimento II	29
4.3. Concentração de molibdênio nas folhas e nas sementes colhidas e conteúdo de molibdênio nas sementes	32
4.3.1. Experimento I	32
4.3.2. Experimento II	35
4.4. Níveis críticos de molibdênio na planta	38
4.5. Concentração de N orgânico nas folhas e nas sementes e concentração de N-NO ₃ ⁻ nas folhas	39
4.5.1. Experimento I	39
4.5.2. Experimento II	43
4.6. Nutrientes nas folhas e nas sementes de feijão	45
4.6.1. Experimento I	45
4.6.2. Experimento II	45
4.7. Correlações entre variáveis	48
5. RESUMO E CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICE	61

RESUMO

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar.** Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Conselheiros: Paulo Cezar Rezende Fontes, Antônio Américo Cardoso e Clibas Vieira.

O presente estudo foi desenvolvido objetivando verificar a influência do conteúdo de molibdênio (Mo) na semente sobre a sua qualidade fisiológica e avaliar o efeito do Mo contido nas sementes, em associação com suas doses aplicadas via foliar aos 25 dias após a emergência, sobre a produtividade e a nutrição do feijoeiro, em duas épocas de plantio. Foram conduzidos dois experimentos com a variedade Meia-Noite. No experimento I, instalado em 24/03/1999, utilizaram-se sementes com quatro conteúdos de Mo ($0,010 \pm 0,0099$; $0,138 \pm 0,017$; $0,24 \pm 0,0253$; e $0,535 \pm 0,024 \mu\text{g.semente}^{-1}$), provenientes de trabalho anterior, combinadas com quatro doses de Mo aplicadas nas folhas (0, 40, 80 e 120 g.ha^{-1}). No experimento II, instalado em 01/12/1999, foram usadas as mesmas doses do experimento I e sementes obtidas do primeiro experimento, com conteúdos de $0,000 \pm 0$; $0,062 \pm 0,0107$; $0,168 \pm 0,0119$; e $0,335 \pm 0,0338 \mu\text{g.semente}^{-1}$ de Mo. Todas as sementes utilizadas vieram de amostras submetidas às mesmas condições ambientais, desde as etapas de

produção no campo até o armazenamento. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em quatro repetições, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4x4. Em ambos os experimentos, a reserva de Mo nas sementes não influenciou a qualidade fisiológica destas. Com exceção do experimento I, no qual a condutividade elétrica oscilou com o aumento do conteúdo de Mo, não apresentando padrão definido, em ambos os experimentos a reserva de Mo nas sementes não influenciou a sua qualidade fisiológica. O conteúdo de Mo na semente, que variou de 0 a 0,535 $\mu\text{g.semente}^{-1}$ no experimento I e de 0 a 0,335 $\mu\text{g.semente}^{-1}$ no experimento II, não alterou a produtividade, evidenciando-se a necessidade da adubação molíbdica, que aumentou a produção de grãos. O rendimento de grãos atingiu o máximo (1.659 kg.ha^{-1}) com a dose de 83,9 g.ha^{-1} de Mo (ganho de 41% em relação à dose 0 g.ha^{-1}), no experimento I. No experimento II, o rendimento de grãos apresentou efeito linear crescente devido à dose de Mo, chegando a 1.114 kg.ha^{-1} . Nos dois experimentos, os componentes do rendimento que mais variaram foram o peso de sementes e o número de vagens por m^2 . O teor e o acúmulo do Mo nas folhas e nas sementes se elevaram com o aumento da adubação molíbdica. O nível crítico de Mo na matéria seca de folhas colhidas aos 35 dias após a emergência foi de 1,50 mg.kg^{-1} no experimento I e 3,64 mg.kg^{-1} no experimento II. O conteúdo de Mo nas sementes não influenciou a nutrição molíbdica da planta. A adubação foliar molíbdica melhorou significativamente o estado nutricional nitrogenado do feijoeiro, aumentando o teor de N orgânico na folha, a concentração de N orgânico e proteínas nas sementes e o rendimento de proteína. Ficou evidente a necessidade da adubação molíbdica, pois a reserva de Mo na semente, que variou de 0 a 0,535 $\mu\text{g.semente}^{-1}$ no experimento I e de 0 a 0,335 $\mu\text{g.semente}^{-1}$ no experimento II, não foi suficiente para a obtenção de elevadas produtividades.

ABSTRACT

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos, D.S., Universidade Federal de Viçosa, March, 2001. **Nutrition and productivity of bean plants as a function of seed molybdenum contents and its foliar application.** Adviser: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Committee Members: Paulo Cezar Rezende Fontes, Antônio Américo Cardoso and Clibas Vieira.

The objective of the present study was to investigate the influence of the molybdenum (Mo) contents in the seed on its physiological quality, and to evaluate the effect of the Mo contained in the seeds, in association with doses via foliar application at 25 days after emergence, on the productivity and nutrition of bean plants, at two planting times. Two experiments were carried out with the variety “Meia Noite”. In experiment I, established on 03/24/1999, seeds with four Mo contents (0.010 ± 0.0099 ; 0.138 ± 0.017 ; 0.24 ± 0.0253 ; and $0.535 \pm 0.024 \mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$), deriving from a preceding work, combined with four doses of Mo applied on leaves (0, 40, 80 and $120 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$). In experiment II, established on 12/01/1999, the same doses as experiment I and seeds obtained from the first experiment, with Mo contents of 0.000 ± 0 ; 0.062 ± 0.0107 ; 0.168 ± 0.0119 ; and $0.335 \pm 0.0338 \mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$), were used. All the used seeds came from samples kept under the same environmental conditions, from the production in the field to storage. The experimental design was randomized blocks, with four replications,

and treatments distributed in a factorial arrangement 4x4. In both experiments, the Mo reserve in the seeds did not influence their physiological quality. The Mo contents in the seeds, that varied from 0 to 0.535 $\mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$ in experiment I, and from 0 to 0.335 $\mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$ in experiment II, did not alter productivity. This demonstrates the need for molybdenum fertilization, which has increased grain production. Grain yield came to maximum (1.659 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) with 83.9 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ Mo (a gain of 41% in relation to 0 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$), in experiment I. In experiment II, grain yield presented growing linear effect due to the Mo dose, coming to 1.114 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. In both experiments, the yield components that varied the most were seed weight and number of pods per m^2 . Molybdenum level and accumulation in the leaves and seeds increased with Mo fertilization. Molybdenum critical level in dry matter of leaves harvested at 35 days after emergence was 1.50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in experiment I, and 3.64 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in experiment II. Molybdenum seed contents did not influence plant molybdenum nutrition. Molybdenum foliar fertilization improved significantly the nitrogenous nutritional status of bean plants, increasing organic nitrogen level in the leaf, organic N concentration and seed protein, and protein yield. It became evident the need for Mo fertilization, as the molybdenum reserve in the seeds, which varied from 0 to 0.535 $\mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$ in experiment I, and from 0 to 0.335 $\mu\text{g}\cdot\text{seed}^{-1}$ in experiment II, was insufficient to obtain high productivity.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se entre os maiores consumidores e produtores de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do mundo. Entretanto, uma característica peculiar à maioria dos produtores brasileiros é a baixa produtividade obtida com a cultura. Muitos são os fatores que favorecem esse quadro, dentre os quais estão as deficiências nutricionais das plantas.

O molibdênio (Mo) tem papel fundamental na nutrição das plantas, sendo constituinte de enzimas catalisadoras, dentre elas a redutase do nitrato e a nitrogenase, estando, assim, associado ao metabolismo do nitrogênio. Trabalhos têm evidenciado aumentos de produtividade do feijoeiro devido à adubação molíbdica (VIEIRA et al., 1992; VIEIRA, 1994; AMANE, 1997), embora existam resultados discrepantes. Nem sempre são obtidas respostas positivas à adubação com molibdênio no feijoeiro em razão, provavelmente, dos vários fatores que interferem na sua disponibilidade ou da própria reserva na semente.

Se a reserva de Mo na semente for suficiente e permitir que a planta subsequente complete seu ciclo, sem comprometimento da produtividade, será possível cultivar o feijoeiro sem se preocupar com a realização da adubação molíbdica (MEAGHER et al., 1952). Contudo, ainda não se sabe qual o conteúdo adequado de Mo na semente para atender à necessidade da planta durante o seu

ciclo de vida, nem por quanto tempo ou gerações essa reserva será suficiente para o perfeito funcionamento metabólico da planta.

Assim, foram conduzidos dois trabalhos em épocas diferentes de plantio, objetivando: 1) determinar o efeito do conteúdo de molibdênio na semente sobre a sua qualidade fisiológica; 2) determinar o efeito do conteúdo de molibdênio na semente e da pulverização foliar com esse nutriente sobre a produção e sobre os teores de Mo, N orgânico, P, K, Ca, Mg e S nas folhas e nas sementes do feijoeiro; 3) verificar se as sementes advindas de plantas adubadas com Mo conterão o Mo necessário ao desenvolvimento normal da geração subsequente, sem a necessidade de adubação complementar; e 4) determinar o nível crítico de molibdênio na matéria seca de folhas do feijoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do molibdênio na nutrição das plantas

O molibdênio é um nutriente essencial para o crescimento vegetal, atuando como co-fator de enzimas envolvidas em reações bioquímicas importantes no metabolismo do nitrogênio. Na deficiência de molibdênio, o metabolismo do nitrogênio é afetado, devido à sua participação como componente da nitrogenase, enzima relacionada à fixação do nitrogênio pelas leguminosas, e da redutase do nitrato, responsável pela redução deste a nitrito, no processo de assimilação do nitrogênio. Outras funções nas plantas estão relacionadas à participação do Mo nas enzimas xantina oxidase/desidrogenase e sulfito oxidase (MARSCHNER, 1995; ZIMMER e MENDEL, 1999).

A nitrogenase, enzima relacionada à fixação simbiótica do nitrogênio, consiste de duas proteínas distintas, que contêm os íons molibdênio e ferro: Fe-proteína e Mo-proteína (SALYSBURY e ROSS, 1991). Para o funcionamento apropriado da nitrogenase, são necessárias proporções adequadas entre o molibdênio e o ferro, além de outros fatores que influenciam a sua atividade. Na redução do N_2 a NH_3 , a nitrogenase recebe elétrons de substâncias redutoras. Esses elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro, que, tornando-se agente redutor, transfere esses elétrons à proteína ligada ao ferro e ao

molibdênio, que, por sua vez, reduz o N_2 a duas moléculas de NH_3 , as quais podem seguir diferentes caminhos de assimilação ou metabolismo nas plantas (TAIZ e ZEIGER, 1998).

Redução da atividade da nitrogenase foi observada no feijoeiro não adubado com molibdênio, ocorrendo também maior escurecimento dos nódulos, indicando senescência precoce e gerando menor peso de matéria seca dos nódulos (PESSOA, 1998). Entretanto, não foi observado alteração no número de nódulos. A inoculação no feijoeiro não é muito utilizada, principalmente, quando se buscam maiores produtividades. As estirpes nativas de rizóbio do solo são pouco eficientes na fixação biológica do nitrogênio, apresentando alta capacidade de competição pelos sítios de nodulação radicular, em relação às introduzidas por intermédio da inoculação. Tal fato leva à necessidade de adubação nitrogenada para obtenção de altas produtividades.

As perdas de nitrogênio pelo solo, que contribuem para a poluição ambiental, e o alto custo dos fertilizantes nitrogenados despertam o interesse para a pesquisa de técnicas de manejo que possam maximizar o uso eficiente do nitrogênio pelo feijoeiro, sem a necessidade de adição elevada de fertilizante nitrogenado.

Considerando que as plantas podem utilizar as duas fontes de nitrogênio (adubo e fixação biológica do nitrogênio) e que as interações feijoeiro-rizóbio apresentam sensibilidade diferenciada à adubação nitrogenada, torna-se difícil a definição de quanto N recomendar na adubação, principalmente quando os objetivos são os benefícios da inoculação e da adubação.

Geralmente, as plantas nutridas com amônio apresentam menor demanda de molibdênio quando comparadas com as nutridas com nitrato. Quando o nível de nitrato aumenta na planta e há adequada disponibilidade de molibdênio, ocorre a indução da síntese da redutase do nitrato, havendo, concomitantemente, aumento da concentração de Mo, devido à sua participação na enzima (GUPTA e LIPSETT, 1981). Segundo esses autores, a concentração de nitrato na planta pode servir de indicador do “status” nutricional da planta com molibdênio,

embora a elevação do teor de nitrato nas plantas possa também estar relacionada à deficiência de enxofre.

Em alguns casos, o Mo pode substituir a adubação nitrogenada de cobertura devido às suas funções metabólicas, favorecendo a assimilação do nitrogênio atmosférico e, ou, o melhor aproveitamento do nitrogênio, disponível na forma de N-NO₃. Em experimentos de campo com a variedade de feijão Ouro Negro, VIEIRA (1994) observou que a aplicação foliar de molibdênio, aos 25 dias após a emergência, na dose de 40 g.ha⁻¹, aumentou a atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato. A aplicação também elevou o teor de N-orgânico na parte aérea das plantas e substituiu o equivalente a uma adubação nitrogenada em cobertura de 30 kg.ha⁻¹ de N.

Devido à participação nas enzimas acima mencionadas, o molibdênio tem fundamental importância no metabolismo do nitrogênio, influenciando, concomitantemente, os processos fotossintético e respiratório das plantas. A deficiência desse elemento nas plantas pode levar ao acúmulo de nitrato na folha, devido à não-indução da enzima redutase do nitrato. Por essa razão, leguminosas deficientes de Mo apresentam, freqüentemente, sintomas de deficiência de nitrogênio, mesmo em solos com alta disponibilidade de nitrogênio. Na ausência de Mo, a adição de nitrato evidenciará ainda mais a deficiência de N, uma vez que a planta acumulará nitrato devido à sua não-redução a amônio. Portanto, pela sua função de estar associado ao metabolismo do nitrogênio, os sintomas de deficiência de Mo confundem-se com os do N (MARSCHNER, 1995), manifestando-se pelo amarelecimento, inicialmente, das folhas mais velhas. No entanto, o suprimento adequado de Mo pode aumentar a eficiência do *Rhizobium* no processo de fixação biológica do N, aumentando a quantidade fixada por ele.

O Mo interfere indiretamente no metabolismo do N por meio de aminoácidos contendo enxofre. O catabolismo de aminoácidos (ex. cisteína) inclui a oxidação enzimática do SO₃⁻ para SO₄²⁻ na mitocôndria, cuja reação é catalisada por uma hemoproteína contendo Mo, a SO₃ oxidase (RÖMHELD e MARSCHNER, 1991). Aumento nos teores de proteína em trigo (CAIRNS e

KRITZINGER, 1992) e milho (FERREIRA, 1997) foi observado na adubação com molibdênio.

2.2. Disponibilidade de molibdênio nos solos

O molibdênio é absorvido na forma de molibdato (MoO_4^{2-}), presente na solução do solo, via fluxo de massa (GUPTA e LIPSETT, 1981), sendo translocado das raízes até a parte aérea via xilema, como íon molibdato ou complexado com compostos orgânicos, como aminoácidos, açúcares ou compostos poli-hidroxilados. Segundo MARSCHNER (1995), devido à sua mobilidade na planta, a deficiência de molibdênio manifesta-se, inicialmente, nas folhas mais velhas, que podem apresentar colorações amareladas ou verde-amareladas, sintomas característicos de deficiência de nitrogênio.

Entre os fatores que levam à deficiência de micronutrientes nos solos brasileiros, segundo LOPES (1991) e FONTES (1997), estão: a baixa reserva de minerais intemperizáveis dos solos devido à pobreza de seus materiais de origem; o incremento da produtividade das culturas, devido ao uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, que vem promovendo retirada crescente de micronutrientes dos solos, sem que se estabeleça a reposição adequada deles; o cultivo de materiais com alto potencial produtivo, demandando maiores quantidades de macro e micronutrientes; o manejo inadequado dos solos, levando às suas degradações física, química e biológica; a necessidade de uso cada vez maior de calcário, diminuindo a disponibilidade do ferro, manganês, cobre e zinco em virtude da elevação do pH do solo; o avanço tecnológico industrial, gerando maior pureza dos fertilizantes produzidos; e a incorporação de áreas de cerrado no processo produtivo.

Especificamente, os fatores que mais afetam a disponibilidade de Mo nos solos são o pH, a matéria orgânica, a textura, os óxidos de ferro e de alumínio, o potencial redox e a interação com outros nutrientes (SANTOS, 1991). De maneira geral, solos provenientes de rochas ígneas básicas apresentam teores mais elevados de quase todos os micronutrientes, em comparação com os solos

formados por sedimentos, como os aluviais (FONTES, 1997). A deficiência de Mo é bastante severa em leguminosas e em outras espécies de plantas, principalmente se forem cultivadas em solos ácidos e com grande quantidade de óxidos de ferro e de alumínio.

O pH do solo tem sido destacado como um dos fatores de maior influência na disponibilidade desse micronutriente, que aumenta com a elevação do pH do solo, uma vez que os ânions de molibdato são deslocados dos sítios de troca pela hidroxila (LANTMANN et al., 1985). Além disso, com o pH elevado, o íon molibdato (MoO_4^{2-}) pode combinar com o Ca^{2+} , resultando em CaMoO_4 , que é muito solúvel (KOCHIAN, 1991). QUAGGIO et al. (1991) observaram aumento da atividade da nitrato redutase e do conteúdo de Mo na cultura do milho após a calagem, embora não tenha ocorrido incremento de produtividade.

A disponibilidade de Mo também está relacionada à matéria orgânica do solo. O Mo ligado a ela é liberado no solo após a mineralização da matéria orgânica, ficando disponível para absorção pela planta. Mesmo em solos ácidos, pode haver elevada absorção de Mo pelas plantas, se o conteúdo de matéria orgânica for alto. Acredita-se que a matéria orgânica “proteja” o molibdênio, evitando a formação de compostos insolúveis que reduzem a sua disponibilidade em condições ácidas.

Também, o fósforo e o enxofre estão relacionados à disponibilidade do Mo. O primeiro parece estimular a absorção do Mo e a formação de complexos ânions fosfomolibdatos, os quais são absorvidos mais rapidamente pelas plantas. No caso de o enxofre ser absorvido em excesso pelas plantas, a disponibilidade de Mo diminui, fato que parece estar relacionado ao antagonismo durante o processo de absorção e ao mecanismo de translocação do Mo das raízes até as folhas (GUPTA e LIPSETT, 1981).

Solos arenosos, associados ao baixo teor de matéria orgânica e à baixa CTC, e em condições de chuvas ou irrigações em excesso podem ser a causa de deficiência de molibdênio, embora essa situação seja incomum (FONTES, 1997).

2.3. Adubação molíbdica do feijoeiro

Devido, principalmente, aos vários fatores enumerados anteriormente que interferem na disponibilidade do molibdênio e, também, à própria reserva das sementes, nem sempre são obtidas respostas positivas à adubação molíbdica do feijoeiro.

A recomendação de micronutrientes não pode ser generalizada. É preciso conhecer as condições de solo e da planta, para evitar gastos inúteis e fitotoxicidade. Na Zona da Mata de Minas Gerais, tem sido observado aumento de produção do feijoeiro quando é realizada a adubação molíbdica (VIEIRA et al., 1992; VIEIRA, 1994; AMANE, 1997; COELHO et al., 1998). O histórico dessa região pode explicar, em parte, esses resultados, pois, ao longo dos anos, os cultivos sucessivos foram realizados sem a adição de molibdênio, que acumula, em grande parte, nos grãos ou sementes.

As espécies cultivadas apresentam diferenças quanto ao requerimento por Mo, em virtude de variações na capacidade de absorção, translocação, acúmulo no tecido e utilização. Boa parte dessas diferenças são inerentes à própria espécie e, portanto, controladas geneticamente. AMANE et al. (1994), estudando, em Viçosa e em Coimbra, Minas Gerais, a resposta de 17 cultivares de feijão às adubações nitrogenada e molíbdica, verificaram comportamento diferenciado dos cultivares em relação à produtividade de grãos e aos teores de N nas folhas.

Avaliando o efeito do N e do Mo sobre as culturas do milho e do feijão, em monocultivo e em consórcio, COELHO et al. (1998) verificou que houve acréscimo de 30% na produtividade do feijoeiro em monocultivo devido ao Mo. No feijão consorciado com milho, a aplicação de N e Mo não resultou em acréscimo de produtividade. O incremento causado pelo Mo no monocultivo foi relacionado ao aumento da atividade da redutase do nitrato e à melhor fixação de N₂, a qual foi detectada pelo aumento da concentração de ureídios no exsudato do xilema.

Entre as formas de realização da adubação molíbdica nas culturas estão a aplicação direta no solo, via foliar e via sementes, por meio de solução aquosa ou peletização. A adição direta do adubo contendo Mo ao solo é, muitas vezes, ineficaz devido à sua adsorção à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio, tornando-se, assim, indisponível às plantas (HOROWITZ, 1978). O envolvimento das sementes com o Mo constitui importante forma de adubação. Porém, podem ocorrer as mesmas perdas que normalmente ocorrem no solo. Dessa forma, no feijoeiro, a adubação foliar é considerada uma das formas mais eficientes de aplicação do molibdênio (JACOB NETO e ROSSETTO, 1998).

Os resultados obtidos por JACOB NETO e FRANCO (1986), em quatro experimentos conduzidos em casa de vegetação com o feijoeiro cv. Carioca, tendo a simbiose com *Rhizobium* como fonte de nitrogênio, indicaram que a aplicação foliar (200 g.ha⁻¹) foi mais eficiente que a aplicação ao solo (800 g.ha⁻¹), para aumentar a concentração de molibdênio nas sementes.

Vários trabalhos com a cultura do feijão enfocando doses de molibdênio têm sido realizados nos últimos anos. VIEIRA et al. (1992) verificaram, em Viçosa, MG, que 20 g.ha⁻¹ de Mo, em aplicação foliar, aumentou o rendimento da cultura do feijão em 200%, mas, juntamente com a adubação nitrogenada, houve aumento adicional de 19%. Em Ponte Nova, MG, o Mo só teve efeito quando associado ao N, elevando o rendimento em cerca de 50%. Ainda nesse trabalho, foi observado que a aplicação de Mo via foliar, na presença de nitrogênio no sulco de plantio, aumentou o teor de N nas folhas de 3% para 5%. Como conclusão geral, esses autores relataram que a adubação nitrogenada pode ser “substituída” ou complementada com o Mo.

O rendimento e o peso de 100 grãos de feijão aumentaram linearmente com a elevação das doses de Mo aplicadas ao solo (SILVEIRA et al., 1996). AMANE (1997) verificou que o incremento das doses de molibdênio aplicadas via foliar elevou, de forma quadrática, a produtividade do feijoeiro, o peso médio de sementes e o teor de N nas folhas: os valores máximos foram obtidos com as doses de 72, 100 e 119 g.ha⁻¹, respectivamente. Além disso, observou que o

efeito combinado do N no sulco de plantio mais Mo nas folhas é mais vantajoso do que a aplicação isolada de cada nutriente.

Trabalhando com a adubação molíbdica do feijoeiro, PESSOA (1998) verificou aumento de 833% no teor de Mo nas folhas e, quando não foi aplicado o micronutriente, o seu teor nas folhas foi de $0,18 \text{ mg.kg}^{-1}$. A deficiência de Mo reduziu a produtividade e afetou o metabolismo do N, diminuindo as atividades das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato e, conseqüentemente, os teores de N total e N orgânico nas folhas e nos grãos. Trabalhando com os cultivares de feijão Ouro e Ouro Negro, BERGER et al. (1996) observaram que a dose de 80 a 90 g.ha^{-1} de Mo aplicado via foliar propiciou a mais alta produção, e a época mais propícia para a aplicação foi de 14 a 28 dias após a emergência do feijoeiro.

Devido aos vários tipos de solos e à utilização de sementes com diferentes conteúdos de Mo, que podem mascarar os resultados encontrados e dificultar suas compreensões, ainda existem divergências quanto à real dose necessária para que possam ser atingidas altas produtividades.

2.4. Níveis críticos de molibdênio nas plantas

Entre os micronutrientes essenciais ao crescimento das plantas, o molibdênio é o requerido em menor quantidade. Mesmo que seja absorvido em quantidades excessivas, é difícil ocorrerem sintomas visuais de toxicidade nas plantas, sobretudo em condições de campo, embora haja queda no rendimento de grãos (MARSCHNER, 1995).

De maneira geral, cada cultura requer quantidades diferentes de micronutrientes. Eventuais deficiências podem ser constatadas pela análise foliar, cujos resultados podem ser interpretados por diversos critérios, entre os quais o nível crítico. O nível crítico de um nutriente corresponde à concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, ou a produção da planta ou a qualidade do produto colhido diminuem significativamente. Várias partes da planta têm sido utilizadas para estabelecer o nível crítico, havendo necessidade de especificar o órgão da planta a ser analisado e o estágio de amostragem (PESSOA, 1998). Entretanto,

freqüentemente as análises de Mo nos tecidos das plantas são dificultadas pelos baixos teores encontrados.

A concentração de molibdênio na matéria seca das plantas varia entre 0,1 e 30 mg.kg⁻¹, entretanto a faixa mais comumente encontrada está entre 0,1 e 0,2 mg.kg⁻¹ (HAQUE, 1987). De acordo com MILLS e JONES JUNIOR (1996), o teor adequado de Mo na matéria seca de folhas trifolioladas completamente desenvolvidas do feijoeiro, no florescimento, é de 0,12 mg.kg⁻¹, enquanto REUTER et al. (1997) observaram que a concentração entre 0,4 e 1 mg.kg⁻¹ foi a mais adequada.

Variações e escassez de publicações sobre os valores dos níveis críticos de Mo nas plantas podem ser devidas a problemas metodológicos, sobretudo na extração e determinação do molibdênio, os quais aos poucos vão sendo dirimidos. Uma metodologia de determinação que vem apresentando bons resultados é a proposta por YATSIMIRSKII (1964), modificada por FUGE (1970), EIVAZI et al. (1982), DALLPAI (1996) e PESSOA (1998). Trata-se de método que se baseia no princípio da ação catalítica de íons de molibdato na reação de oxi-redução entre o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o iodeto de potássio (KI) em meio ácido, onde o KI é oxidado pelo H₂O₂, em reação catalisada pelo íon molibdato, para formação do HIO, desenvolvendo coloração alaranjada que pode ser lida em espectrofotômetro a 350 nm, com a utilização de cubeta de quartzo.

2.5. Acúmulo de molibdênio em sementes e sua influência sobre as características fisiológicas

O conhecimento da composição química da semente é fundamental, pois tanto o vigor como o potencial de armazenamento são influenciados pelo teor dos seus componentes (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988). Viabilidade e vigor são atributos fundamentais na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, cuja viabilidade é determinada, principalmente, pelo Teste-Padrão de Germinação (TPG). O objetivo desse teste é obter informações sobre o valor das

sementes para fins de semeadura e fornecer dados que possam ser usados na comparação de diferentes lotes. Porém, nem sempre esse teste prediz o desempenho das sementes no campo, por ser realizado em condições ótimas de laboratório (AOSA, 1983).

As transformações degenerativas mais sutis, não verificadas pelo teste de germinação, exercem grande influência no desempenho das sementes, com reflexos na capacidade de armazenamento, na emergência no campo, no crescimento e na produtividade das plantas. Essas transformações podem ser detectadas e avaliadas pelos testes de vigor. Entretanto, isso não significa que se deva promover a substituição do teste de germinação por testes de vigor, que têm sido utilizados, principalmente, para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação (MARCOS FILHO, 1999). Contudo, o vigor, pela sua própria característica de complexidade, nem sempre pode ser avaliado completamente por apenas um teste, motivo que leva à recomendação de vários testes, para que se tenha idéia mais precisa da qualidade fisiológica das sementes (VIEIRA et al., 1994).

Durante a formação e desenvolvimento da semente ocorre o acúmulo de reservas, que, posteriormente, serão utilizadas na germinação e no início do crescimento das plantas. Dessa forma, quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior poderá ser o vigor da plântula originada (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

A adubação é uma forma de aumentar o conteúdo de nutrientes nas sementes resultantes (VIEIRA et al., 1987; BRODRICK e GILLER, 1991; JACOB-NETO e ROSSETTO, 1998). Os nutrientes armazenados na semente suprirão a plântula nos estádios iniciais de crescimento. TRIGO et al. (1997) observaram que a maior disponibilidade de fósforo aumentou o rendimento das plantas de soja originadas de sementes com maior disponibilidade desse elemento, sendo menos influenciadas pelos teores deste no solo, na fase inicial. Segundo esses autores, as plantas originadas de sementes com maior conteúdo de P suprem melhor a demanda metabólica inicial, proporcionando maior disponibilidade de energia para as atividades metabólicas da semente, o que

levaria ao maior crescimento inicial das plântulas e ao desenvolvimento maior e mais rápido do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na cadeia produtiva da planta. Entretanto, com o desenvolvimento das plantas e maiores exigências metabólicas, passa a predominar o solo como fonte de nutriente para as plantas.

Sementes provenientes de plantas não-adubadas com macro e micronutrientes apresentam qualidade inferior em relação às das plantas adubadas, mas sem comprometer a produtividade (VIEIRA et al., 1987). BRODRICK e GILLER (1991), estudando o efeito do acúmulo de Mo em dois cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. sobre a fixação de nitrogênio, observaram diferenças entre eles quanto à absorção e ao armazenamento nas sementes e na distribuição do Mo nas plantas, tanto na ausência como na presença de fonte externa do micronutriente.

A concentração e o conteúdo de molibdênio nas sementes são controlados pelo material genético e pelo tipo de solo, em que a disponibilidade do elemento pode variar consideravelmente, mesmo em curtas distâncias (BRODRICK et al., 1995). Segundo estes autores, não existe relação óbvia entre o tamanho e a concentração do molibdênio nas sementes. Na realidade, sementes de mesmo tamanho apresentam concentrações discrepantes, chegando a ser de cinco vezes a diferença do teor desse nutriente entre variedades. Em outro trabalho, BRODRICK e GILLER (1991) verificaram que, entre variedades de feijão, não houve diferença na quantidade total acumulada de molibdênio na planta, mas o acumulado nas sementes sim. Segundo eles, algumas variedades apresentam maior capacidade de translocação de Mo das raízes e nódulos para as sementes, inclusive durante a deficiência do nutriente.

Em virtude de as variações de concentração de molibdênio nos solos afetarem a concentração final nas sementes, torna-se importante o local de produção destas. FRANCO e MUNNS (1981), analisando sementes de feijão obtidas em Goiânia (GO) e em Davis (EUA), observaram que as originadas daquele país apresentaram concentração de Mo 10 vezes superior às obtidas no Brasil.

O uso de sementes produzidas em solos contendo Mo e pH próximo de 6,0 talvez possa garantir níveis adequados do micronutriente para a cultura, pois tem sido verificado que o Mo acumula-se nas sementes. Estudando o efeito do Mo na qualidade da semente de milho, TANNER (1979) constatou que a população de plantas, a massa foliar e a produção foram significativamente reduzidas quando o conteúdo do nutriente na semente era baixo. BRODRICK et al. (1992) verificaram que a nutrição do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é influenciada pela quantidade de Mo nas sementes. Estes autores observaram que as plantas originadas das sementes com maior conteúdo de molibdênio apresentaram maior peso dos nódulos, acumularam mais nitrogênio e produziram mais sementes. Além disso, a viabilidade das sementes com maior conteúdo de Mo foi superior à das com menor conteúdo. As plantas provenientes de sementes com baixo conteúdo de Mo tiveram redução de 83-85% no conteúdo de Mo nas sementes colhidas. BRODRICK e GILLER (1991) citaram o trabalho de Brodrick (1990), que observou que os feijoeiros inoculados com *Rhizobium*, cultivados em pH 4,0 e originados de sementes com maior conteúdo de Mo, apresentaram maior fixação de nitrogênio e maior crescimento quando comparados com os feijoeiros originados de sementes com menor conteúdo desse nutriente.

Sementes de feijão com mais de 10 mg.kg⁻¹ de Mo supriram a planta com esse micronutriente durante todo o seu ciclo (FRANCO e DÖBEREINER, 1988). Segundo MEAGHER et al. (1952), a reserva da semente pode fornecer suficiente molibdênio por, no mínimo, uma geração, desde a plântula até a maturidade, sem redução de produtividade. Em outros trabalhos, com diferentes espécies, tem-se demonstrado que as sementes de plantas bem adubadas possibilitam maior percentagem de germinação e maior vigor (NAKAGAWA et al., 1990; BRODRICK et al., 1992; ADAMS et al., 1993; ROSSETO et al., 1994).

Cultivares com capacidade de acumular molibdênio nas sementes podem ser usados para produção de sementes em solos que possuam quantidades favoráveis desse nutriente para serem utilizadas posteriormente em solos ácidos e com deficiência de Mo (FRANCO e MUNNS, 1981). Segundo esses autores,

existe a possibilidade de manipulações genética e ambiental objetivando o controle da deficiência de molibdênio na cultura do feijão.

Devido à exportação de Mo pelas sementes, à deficiência natural de alguns solos, à intensificação da produção e à não-realização de adubação molíbdica pela maioria dos agricultores, aos poucos estão se exaurindo as reservas naturais de molibdênio no solo, o que pode afetar a capacidade produtiva das culturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, em Viçosa, MG, sendo constituído de dois experimentos, utilizando-se em ambos a variedade Meia-Noite, feijão preto com hábito de crescimento indeterminado (tipo II). Os estudos foram conduzidos num Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Anteriormente à instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0-20 cm, para as suas caracterizações química e física (Quadro 1).

A Cidade de Viçosa localiza-se a 20°45'20" de latitude sul e 42°52'40" de longitude oeste, com temperatura média anual de 19 °C, altitude média de 650 m, umidade relativa do ar média de 80% e precipitação pluvial média anual de 1.340 mm.

Os dois experimentos foram delineados em blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo os tratamentos sido distribuídos em esquema fatorial 4x4, no total de 64 parcelas.

Quadro 1 - Características químicas e físicas da camada arável (0-20 cm) do solo dos experimentos I e II

Características	Experimento I	Experimento II	Interpretação ^{5/}
	Valor	Valor	
pH em água (1:2,5)	5,5	5,6	Médio
P (mg.dm ⁻³) ^{1/}	52,3	50,2	Muito bom
K (mg.dm ⁻³) ^{1/}	102,0	128,0	Bom e muito bom
Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ^{2/}	0,0	0,1	Muito baixo
Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ^{2/}	2,5	2,1	Médio
Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ^{2/}	0,4	0,3	Baixo
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³) ^{3/}	4,0	5,0	Médio
Mo (mg.dm ⁻³) ^{4/}	0,0238	0,0165	
Na (mg.dm ⁻³) ^{1/}	12	6	
SB (cmol _c .dm ⁻³) ^{2/}	3,2	2,8	Médio
CTC efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	3,2	2,8	Médio
CTC total (cmol _c .dm ⁻³)	7,2	7,8	Médio
V (%)	45,0	35,8	Médio e baixo
m (%)	-	2,1	Muito baixo
Classificação textural	-	-	Argiloso

^{1/} Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

^{2/} Extrator KCl 1 mol/L (VETTORI, 1969).

^{3/} Extrator CaOAc 0,5 mol/L, pH 7,00 (VETTORI, 1969).

^{4/} Método do iodeto de potássio (PESSOA, 1998).

^{5/} CFSMG (1999).

No experimento I, instalado em 24/03/1999, foram utilizadas sementes com quatro conteúdos de Mo ($0,010 \pm 0,0099$; $0,138 \pm 0,017$; $0,24 \pm 0,0253$; e $0,535 \pm 0,024$ $\mu\text{g.semente}^{-1}$), combinadas com quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g.ha^{-1}). No experimento II, instalado em 01/12/1999, foram usadas as mesmas doses de Mo do experimento I e sementes com conteúdos de Mo de $0,000 \pm 0$; $0,062 \pm 0,0107$; $0,168 \pm 0,0119$; e $0,335 \pm 0,0338$ $\mu\text{g.semente}^{-1}$.

Cada parcela foi constituída de cinco fileiras com 5 m de comprimento, distanciadas 0,5 m entre si. A parcela útil, com 6 m², foi formada por três fileiras centrais, excluindo-se, como bordadura, as fileiras externas e meio metro de cada extremidade. Na avaliação dos componentes de produção e rendimento, foram colhidas duas fileiras, com área total de 4 m². Todos os tratamentos receberam 600 kg.ha⁻¹ da fórmula 4-14-8. A fonte de molibdênio foi o molibdato de sódio, aplicado via foliar aos 25 dias após a emergência (DAE).

As sementes utilizadas no experimento I foram obtidas de trabalho anterior, que utilizou doses crescentes de molibdênio. Elas foram analisadas com relação ao teor (metodologia descrita posteriormente) e conteúdo de Mo, para depois serem separadas em lotes com diferentes conteúdos de Mo, constituindo os tratamentos o conteúdo de Mo do experimento I. Com as sementes colhidas do experimento I, procedeu-se da mesma forma para obter as sementes que constituíram os tratamentos do experimento II.

Todas as sementes utilizadas vieram de amostras submetidas às mesmas condições ambientais, desde as etapas de produção no campo até o armazenamento.

Os valores dos conteúdos de Mo foram obtidos por meio da multiplicação do teor do micronutriente na matéria seca das sementes pelo peso médio de matéria seca destas.

Em nenhum dos experimentos foi realizada a inoculação das sementes nem a adubação nitrogenada em cobertura.

O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens. Os controles de plantas daninhas e pragas foram realizados quando necessários, assim como as irrigações, principalmente no experimento I. O controle de plantas daninhas foi executado por meio de capinas, o controle de pragas pelo uso de inseticida (Azodrin) e a irrigação pelo sistema de aspersão.

A qualidade fisiológica das sementes plantadas no experimento do presente estudo foi avaliada por meio do teste-padrão de germinação (TPG), teste de primeira contagem de germinação, teste de envelhecimento acelerado e teste de condutividade elétrica. O TPG foi realizado de acordo com os critérios

estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando-se 200 sementes de cada tratamento contendo de molibdênio, divididas em quatro subamostras de 50 sementes. O substrato utilizado para semeadura foi o papel-toalha do tipo "germitest", previamente umedecido com água desmineralizada, na quantidade igual a 2,5 vezes o peso do papel. Foram utilizadas três folhas para cada rolo, sendo os rolos colocados em germinador regulado para a temperatura de 25 °C (\pm 1 °C). A primeira contagem foi realizada cinco dias após a instalação do teste, sendo computadas e eliminadas as plântulas normais, as plântulas infeccionadas e as sementes mortas. A segunda contagem foi feita aos oito dias. Os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais.

O teste de primeira contagem de germinação foi conduzido conjuntamente com o TPG, consistindo do registro da percentagem de plântulas normais obtidas na data da primeira contagem (5º dia). Os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais.

Para realização do teste de envelhecimento acelerado, foram utilizadas caixas plásticas do tipo "gerbox" com bandejas de tela de alumínio fixadas no interior delas, que continham, ao fundo, 40 mL de água desmineralizada. Foram amostradas 200 sementes de cada um dos quatro tratamentos contendo de Mo, as quais, depois, foram distribuídas uniformemente sobre o telado do "gerbox". Em seguida, as caixas foram transferidas para uma estufa incubadora, tipo BOD, regulada a 41°C, por 60 horas, conforme recomendações de MARCOS FILHO (1994). Após esse período, as sementes envelhecidas foram submetidas ao teste-padrão de germinação, descrito anteriormente, utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes, que constituíram as repetições. Uma única avaliação foi feita cinco dias após a instalação do teste, realizando-se a contagem das plântulas normais, segundo os critérios estabelecidos pelas "regras para análise de sementes" (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais.

A avaliação da condutividade elétrica foi realizada, adotando-se a metodologia proposta pela AOSA (1983). Para cada tratamento contendo de Mo

foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes, constituindo as repetições, que foram pesadas e colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada, permanecendo essas amostras em estufa-incubadora tipo BOD, a 25 °C, durante 24 horas. Decorrido esse período, o conteúdo dos copos foi agitado para permitir a uniformização dos lixiviados da solução, procedendo-se, então, às leituras da condutividade elétrica na solução de embebição, em condutivímetro. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente.

Por ocasião da colheita, foi contado o número de plantas/parcela ("stand final"); o número de vagens por m^2 ; o número de grãos/vagem (número médio de grãos obtidos nas vagens colhidas na parcela); o peso de 100 sementes (obtido pela divisão do peso dos grãos da parcela dividido pelo seu número e multiplicado por 100); e a produtividade de grãos (peso das sementes da parcela, transformado em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com teor de umidade ajustado para 13%).

No início do florescimento (35 DAE) foram coletadas, de cinco plantas da parcela útil, a primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida, a partir do ápice da planta, para as análises de nutrientes. As folhas foram lavadas em água destilada, secadas em estufa de ventilação forçada a 70 °C e moídas em moinho tipo Wiley. Na matéria seca foram determinadas as concentrações de P, K, Ca, Mg, S, N orgânico, N-NO_3^- e Mo.

As sementes foram secadas em estufa com ventilação forçada até atingir peso constante e, depois, moídas. Na matéria seca foram determinadas as concentrações de P, K, Ca, Mg, S, N orgânico e Mo, conteúdo de Mo, teor de proteína e rendimento de proteína.

A análise de molibdênio nos tecidos vegetais (folhas e sementes) foi realizada de acordo com a metodologia do iodeto de potássio, proposta por YATSIMIRSKII (1964), modificada por FUGE (1970), EIVAZI et al. (1982), DALLPAI (1996) e PESSOA (1998). Para facilitar o trabalho, aumentando o rendimento das análises e evitando contaminações, foram feitas algumas alterações na técnica da determinação, sobretudo com relação às vidrarias. Assim, o molibdênio foi mineralizado por calcinação, utilizando-se 1,0 g de tecido vegetal. O material foi colocado em cadinho de porcelana, incinerado em

mufla a 300 °C, durante uma hora, e, logo após, a 550 °C, por três horas. Depois de esfriar, foram adicionados 10 mL de ácido clorídrico 2 mol L⁻¹. A solução foi colocada em tubo de ensaio, que foi levado ao bloco digestor. Este foi colocado em chapa quente, aumentando-se, gradativamente, a temperatura a, no máximo, 250 °C até o material secar completamente. Depois de esfriar, foram adicionados 20 mL de HCl 0,125 mol L⁻¹, sendo o extrato agitado e filtrado. Na leitura, 3 mL do extrato foram colocados em tubo de ensaio e adicionados de 1 mL da solução 2,5 g.L⁻¹ de NH₄F e 1 mL da solução H₂O₂ 0,65 g L⁻¹. Em seguida, foi adicionado 1 mL da solução 2,5 dag L⁻¹ de KI, agitado e, após decorridos exatamente 10 minutos, efetuada a leitura, a 350 nm, em espectrofotômetro, utilizando-se cubeta de quartzo.

Na determinação do N orgânico, 0,1 g de matéria seca das amostras foi colocado em digestão sulfúrica. No extrato foi dosado o N orgânico, usando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1958), com leitura em espectrofotômetro a 480 nm. Os teores de proteína nas sementes foram obtidos pela multiplicação dos teores de N orgânico pelo fator 6,25 (WATT e MERRIL, 1975). O rendimento de proteína foi calculado com base na concentração de proteína na matéria seca das sementes e na produtividade destas. O teor de N-NO₃⁻ foi determinado conforme metodologia descrita por CATALDO et al. (1975).

Para determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, foi realizada a digestão nítrico-perclórica de 1,0 g de material. Após essa digestão, determinaram-se os teores de K por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica; P por colorimetria, pelo método da vitamina C, com espectrofotômetro (BRAGA e DEFELIPO, 1974); e S por turbidimetria com sulfato de bário (BLANCHAR et al., 1965).

Os níveis críticos de Mo na matéria seca de folha e as concentrações estimadas dos nutrientes na matéria seca de folhas e sementes foram obtidos, substituindo-se nas equações de regressão a dose de Mo (83,9 g.ha⁻¹), responsável pela produção máxima no experimento I, e 120 g.ha⁻¹ de Mo no experimento II. O conteúdo médio de Mo na semente (0,231 e 0,141 µg.semente⁻¹, experimentos I e II, respectivamente), quando variável

independentemente da função, também foi utilizado nas estimativas dos teores. Nos casos em que não houve efeito significativo dos tratamentos, as concentrações foram consideradas pela média observada.

Os dados obtidos foram submetidos à análises de variância e ao ajuste de equações de regressão. Na seleção das equações de regressão, as significâncias dos efeitos dos modelos polinomiais foram consideradas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para avaliar a relação entre a produtividade, os componentes de produção e a composição química das folhas e das sementes colhidas, efetuou-se a correlação linear simples de Pearson, nos dois experimentos. As significâncias dos coeficientes de correlação foram consideradas até 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Qualidade fisiológica das sementes com diferentes conteúdos de molibdênio

4.1.1. Experimento I

A percentagem de germinação – TPG e o vigor das sementes avaliado pelos testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e primeira contagem do TPG (Quadro 2) não foram afetados significativamente pelo conteúdo de molibdênio nas sementes, com exceção da condutividade elétrica ($\hat{Y}=106,046 - 151,312C + 195,449C^2$; $R^2 = 0,82$). Porém, o comportamento apresentado não elucida bem a participação do conteúdo de Mo na semente sobre a sua condutividade elétrica e vigor.

4.1.2. Experimento II

Os conteúdos de Mo nas sementes não afetaram significativamente a percentagem de germinação – TPG, a condutividade elétrica, o envelhecimento acelerado e a primeira contagem do TPG (Quadro 3).

Quadro 2 – Valores observados da percentagem de germinação, testes de vigor e produtividade de grãos em sementes com diferentes conteúdos de Mo, no experimento I

Tratamento Conteúdo de Mo ($\mu\text{g semente}^{-1}$)	Germi- Nação (%)	TPG (1ª Conta- gem) %	Condutivi- dade Elétrica ($\mu\text{s/cm/g}$)	Envelhec. Acelerado (% germ.)	Produ- tividade (kg.ha^{-1})
0,010 \pm 0,0099	90,5	90,5	106,891	90,5	1598,9
0,138 \pm 0,017	89,0	89,0	81,914	88,5	1454,1
0,240 \pm 0,0253	91,5	91,5	86,212	88,5	1477,1
0,535 \pm 0,0240	91,0	91,0	80,449	91,0	1401,4
	ns	ns	**	ns	ns

ns e ** não-significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

A ausência de resposta significativa na qualidade fisiológica de sementes, devido aos conteúdos de Mo, contradisse os resultados obtidos por BRODRICK et al. (1992), que observaram que a viabilidade das sementes com menor conteúdo de Mo (menor que $1,41 \mu\text{g.semente}^{-1}$) foi inferior à das sementes com maior conteúdo do micronutriente ($1,64 - 3,57 \mu\text{g.semente}^{-1}$), em duas variedades, em trabalho conduzido em solução nutritiva. Ressalta-se, porém, que no trabalho de BRODRICK et al. (1992) o conteúdo de Mo nas sementes foi muito maior que o utilizado no presente estudo.

Era esperado que as sementes com maior conteúdo de molibdênio apresentassem melhor qualidade fisiológica, suprimindo melhor a demanda metabólica inicial, o que levaria ao maior crescimento inicial das plântulas e, posteriormente, possibilitaria maior e mais rápido crescimento do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na cadeia produtiva da planta, tal como foi observado com a cultura da soja por TRIGO et al. (1997). Segundo CARVALHO e NAKAGAWA (1988), os nutrientes armazenados na semente podem suprir a planta nos estádios iniciais. Contudo, há que se ressaltar que o método de determinação de nutrientes na

matéria seca de sementes é destrutivo, não possibilitando a avaliação da qualidade fisiológica na própria semente analisada, mas sim em amostra do lote correspondente. Portanto, seria desejado o desenvolvimento de métodos não-destrutivos de análises de nutrientes em sementes.

Quadro 3 - Valores observados da percentagem de germinação, testes de vigor e produtividade de grãos em sementes com diferentes conteúdos de Mo, no experimento II

Conteúdo de Mo ($\mu\text{g semente}^{-1}$)	Germinação (%)	TPG (1ª Contagem) %	Condutividade Elétrica ($\mu\text{s/cm/g}$)	Envelhec. Acelerado (% germ.)	Produtividade (kg.ha^{-1})
0,000 \pm 0	98,5	94,0	64,883	96,5	948,5
0,062 \pm 0,0107	96,0	93,0	63,913	98,5	994,5
0,168 \pm 0,0119	94,0	92,0	64,208	99,0	1045,7
0,335 \pm 0,0338	97,0	92,5	61,446	98,5	1037,3
	ns	ns	ns	ns	ns

ns não-significativo a 5% de probabilidade.

4.2. Produtividade de grãos e componentes da produtividade

4.2.1. Experimento I

O conteúdo de molibdênio nas sementes não apresentou efeito significativo sobre a produtividade de grãos (Quadro 2), ao contrário do verificado por BRODRICK et al. (1992). Estes autores observaram que as plantas originadas das sementes com maior conteúdo de molibdênio (1,64 – 3,57 $\mu\text{g.semente}^{-1}$), muito maior que os conteúdos das sementes do presente experimento, apresentaram maior peso dos nódulos, acumularam mais nitrogênio e produziram mais sementes. Segundo MEAGHER et al. (1952), a reserva da semente (maior que 0,5 $\mu\text{g.semente}^{-1}$) pode fornecer molibdênio suficiente por,

no mínimo, uma geração, sem redução da produtividade. Entretanto, tais fatos não foram observados no presente trabalho.

O maior conteúdo de molibdênio estudado nas sementes deste experimento foi de $0,535 \mu\text{g.semente}^{-1}$. Provavelmente, a quantidade disponível desse micronutriente nas sementes utilizadas tenha sido insuficiente ao perfeito desenvolvimento das plantas, já que os conteúdos nessas sementes estavam bem abaixo do considerado crítico por JACOB NETO e FRANCO (1986). Conforme esses autores, o conteúdo de $3,51 \mu\text{g.semente}^{-1}$ é suficiente para o desenvolvimento normal do feijoeiro. Tal conteúdo foi obtido com a aplicação de 200 g.ha^{-1} de molibdênio, via foliar, parcelado em cinco aplicações. Entretanto, dependendo das condições edafoclimáticas e da própria planta, pode ocorrer efeito tóxico quando se utilizam altas doses de molibdênio, que, embora possam elevar o conteúdo de Mo nas sementes, ao mesmo tempo levam à diminuição do rendimento da cultura (JACOB NETO e ROSSETO, 1998).

A baixa quantidade de molibdênio nas sementes estudadas, associada ao baixo teor de molibdênio disponível nos solos ($0,0238 \text{ mg.kg}^{-1}$), evidenciou a necessidade da realização da adubação molíbdica. O teor de molibdênio no solo considerado normal encontra-se na faixa de $0,5$ a $5,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ (GUPTA e LIPSETT, 1981). O solo tinha pH ácido (pH em H_2O de $5,5$), o que contribuiu para que a disponibilidade do Mo no solo fosse menor ainda, aumentando a chance de resposta da cultura à aplicação do micronutriente.

Além daqueles fatores, o histórico das áreas da Zona da Mata de Minas Gerais pode auxiliar na explicação dos resultados, pois a pobreza do material de origem dos solos cultivados, os plantios sucessivos ao longo dos anos sem adubação com molibdênio e a exportação do elemento via grãos acentuam o problema de deficiência desse micronutriente.

Diferentemente do efeito do conteúdo de molibdênio na semente, a adubação foliar influenciou, positivamente, a produtividade de grãos (Figura 1). No experimento I, o efeito das doses de molibdênio sobre o rendimento de grãos foi quadrático, atingindo o máximo (1.659 kg.ha^{-1}) com a dose de $83,9 \text{ g.ha}^{-1}$, ou

seja, contribuindo com aumento de 41% na produtividade em relação à dose zero.

O aumento de produção devido à adubação foliar está relacionado, provavelmente, ao efeito do molibdênio sobre a fixação biológica do nitrogênio e a atividade da redutase do nitrato, embora isso não tenha sido avaliado neste trabalho. Contudo, existem autores (VIEIRA, 1994; SACO et al., 1995; COELHO et al., 1998; ZIMMER e MENDEL, 1999) que têm relatado a importante participação do nutriente nesses processos metabólicos, resultando em melhor qualidade nutricional nitrogenada das plantas.

Na ausência da aplicação do molibdênio houve crescimento reduzido das folhas e da planta, clorose e senescência mais rápida das folhas no período de formação das sementes. No caso dos tratamentos que receberam esse micronutriente, as plantas ficaram verdes, podendo isso ser atribuído à maior atividade da enzima redutase do nitrato, tal como observado por COELHO et al. (1998) e VIEIRA et al. (1998).

Nos tratamentos correspondentes às maiores doses de molibdênio, houve maior produção de massa vegetativa, que, associada às condições de temperaturas mais amenas e umidade elevada, gerou microclima favorável ao patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*, acarretando, aparentemente, maior incidência de mofo-branco.

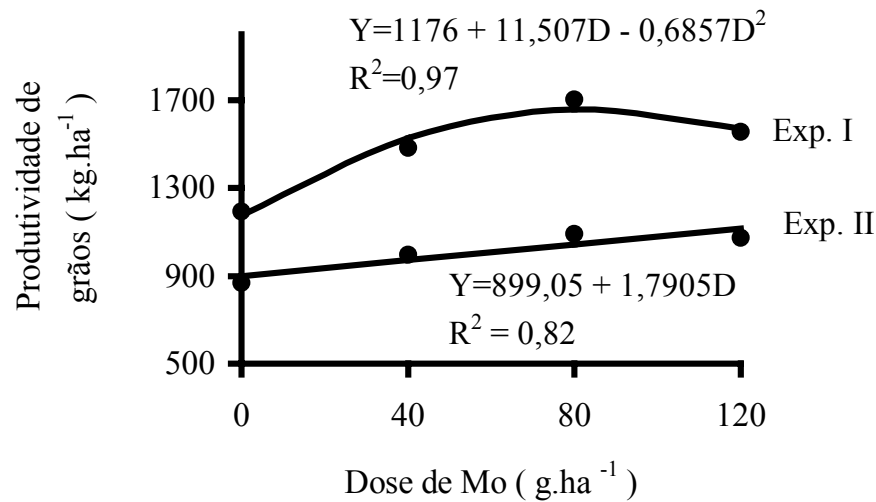


Figura 1 - Efeito de doses de molibdênio aplicadas via foliar sobre a produtividade do feijoeiro, nos experimentos I e II.

O número de vagens/m² apresentou resposta linear positiva à aplicação foliar de doses de Mo ($\hat{Y} = 166,13 + 0,3004D$; $R^2 = 0,86$). Já o conteúdo de Mo nas sementes não influenciou essa característica. O número de sementes por vagem oscilou devido ao conteúdo de molibdênio nas sementes e às doses de Mo, conforme a equação de regressão: $\hat{Y} = 4,956 - 1,908C - 0,00436D + 0,02196CD$; $R^2 = 0,53$ (Figura 2). Entretanto, tais influências do conteúdo de molibdênio não tiveram efeito marcante a ponto de alterar a produtividade, sendo esta predominantemente influenciada pelo número de vagens/área e pelo peso das sementes. O peso de 100 sementes aumentou com a adubação molíbdica, apresentando efeito quadrático ($\hat{Y} = 16,92 + 0,0355D - 0,000238D^2$; $R^2 = 0,99$). O peso máximo de 100 sementes (18,25 g) foi obtido com a dose estimada de 74,9 g.ha⁻¹ de Mo.

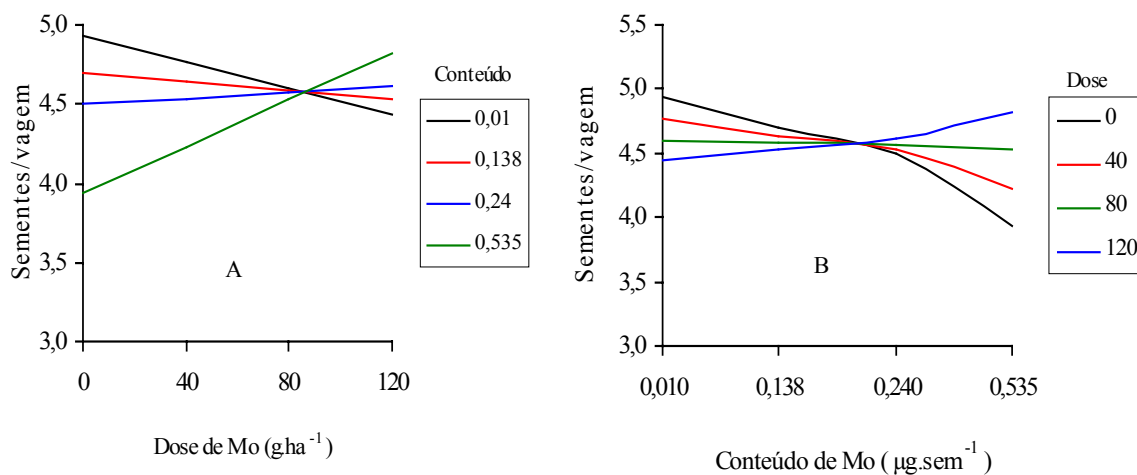


Figura 2 - Corte na superfície de resposta ($\hat{Y} = 4,956 - 1,908C - 0,00436D + 0,02196CD$), relativo ao número de sementes por vagem (experimento I), em função das doses de Mo aplicadas via foliar (A) e conteúdo de Mo na semente (B).

4.2.2. Experimento II

Conforme também observado no experimento I, o conteúdo de Mo nas sementes não apresentou efeito significativo sobre a produtividade de grãos (Quadro 3). Neste experimento, o maior conteúdo de Mo estudado foi de 0,335 $\mu\text{g.semente}^{-1}$, quantidade bem inferior aos 3,51 $\mu\text{g.semente}^{-1}$, considerados críticos por JACOB NETO e FRANCO (1986).

A baixa quantidade de molibdênio nas sementes estudadas, associada ao seu baixo teor disponível no solo (0,0165 mg.kg^{-1}), evidenciou, assim como no experimento I, a necessidade da aplicação da adubação molíbdica. O solo utilizado neste experimento tinha pH ácido (pH em H_2O de 5,6), o que contribuiu para que a disponibilidade do Mo no solo fosse menor ainda, aumentando a chance de resposta da cultura à aplicação desse micronutriente.

A produtividade de grãos apresentou resposta linear positiva à aplicação foliar de doses de Mo (Figura 1), elevando a produtividade de 899 para 1.114

kg.ha⁻¹, incremento de 23,9% quando comparada a dose 0 com a de 120 g.ha⁻¹. Esses resultados vêm corroborar os resultados de VIEIRA et al. (1992), VIEIRA (1994), AMANE (1997) e COELHO et al. (1998), evidenciando a importância da aplicação de Mo na cultura do feijoeiro cultivado na Zona da Mata de Minas Gerais. A adubação foliar com molibdênio proporcionou aumento de 250% na produção dessa leguminosa (BERGER et al., 1996). PESSOA (1998) obteve incrementos de até 323% na produtividade do feijoeiro com a dose de 80 g.ha⁻¹, em comparação com os dos tratamentos que não receberam molibdênio.

Semelhante ao discutido no primeiro experimento, o aumento de produção devido à adubação foliar está relacionado, provavelmente, ao efeito do molibdênio sobre a fixação biológica do nitrogênio e à atividade da redutase do nitrato, tal como verificado por VIEIRA (1994), COELHO et al. (1998) e ZIMMER e MENDEL (1999).

O peso de 100 sementes foi afetado, positivamente, tanto pelo conteúdo de molibdênio nas sementes quanto pela adubação foliar, conforme se verifica nas Figuras 3 e 4.

O número de sementes por vagem foi positivamente afetado pelo conteúdo de molibdênio na semente, apresentando efeito quadrático ($\hat{Y} = 3,517 - 3,112C + 10,5893C^2$; $R^2 = 0,99$).

Houve interação significativa entre doses e conteúdos de Mo sobre o número de vagens por área (Figura 5). O número de sementes por vagem, o número de vagens/m² e o peso de 100 sementes foram influenciados pelo conteúdo de molibdênio nas sementes, porém não influenciou, da mesma forma, a produtividade de grãos, indicando ser esta característica mais dependente da adubação foliar, nas condições do presente trabalho.

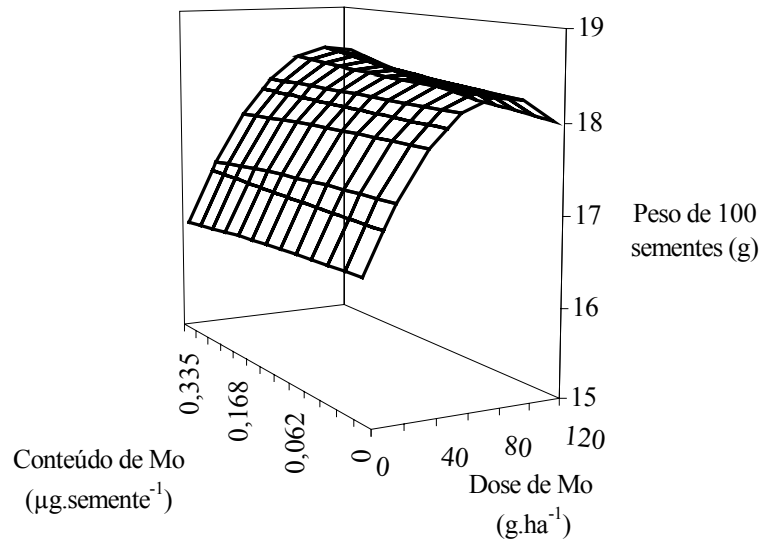


Figura 3 - Efeito do conteúdo de molibdênio nas sementes (C) e das doses de molibdênio (D) aplicadas via foliar sobre o peso de 100 sementes (experimento II): $\hat{Y} = 16,54 - 0,554C + 0,04148D - 0,000244D^2 + 0,000132CD^2$; $R^2 = 0,50$.

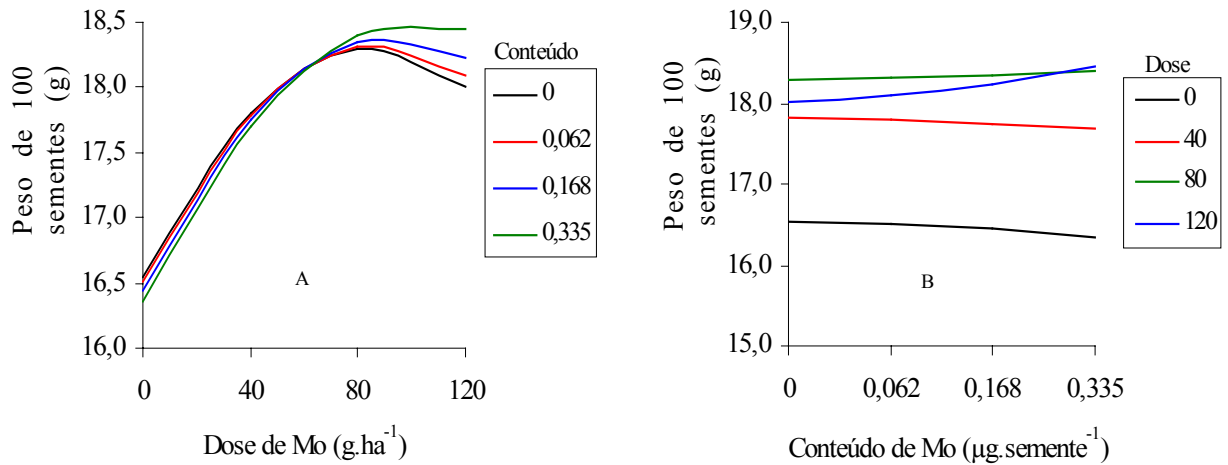


Figura 4 - Corte na superfície de resposta da Figura 3, relativo ao peso de 100 sementes (experimento II), em função das doses de Mo aplicadas via foliar (A) e do conteúdo de Mo na semente (B).

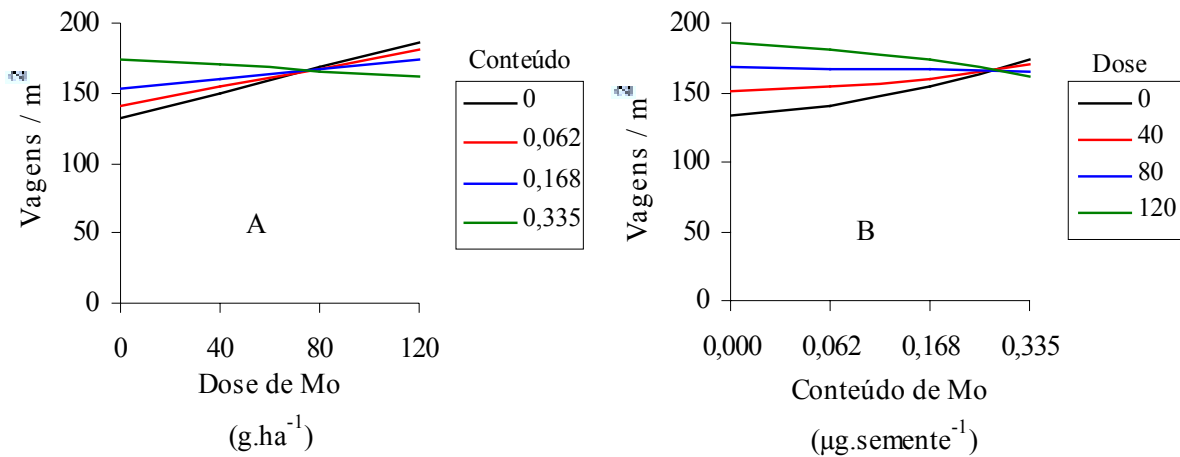


Figura 5 - Corte na superfície de resposta ($\hat{Y} = 132,71 + 124,528C + 0,441D - 1,649CD$), relativo ao número de vagens por área (experimento II), em função das doses de Mo aplicadas via foliar (A) e do conteúdo de Mo na semente (B).

Em ambos os experimentos, os componentes que mais influenciaram a produtividade foram o peso de sementes e o número de vagens por área.

4.3. Concentração de molibdênio nas folhas e nas sementes colhidas e conteúdo de molibdênio nas sementes

4.3.1. Experimento I

A adubação com molibdênio aumentou a concentração de Mo nas folhas, apresentando efeito quadrático (Figura 6). A eficiência da adubação molíbdica, aplicada via foliar, em aumentar a concentração de Mo nas folhas também foi relatada por outros autores (GUPTA, 1979; DALLPAI, 1996; PESSOA, 1998).

A concentração de molibdênio nas folhas e nas sementes colhidas e o conteúdo de molibdênio nas sementes não foram influenciados, significativamente, pelo conteúdo de Mo nas sementes utilizadas no plantio.

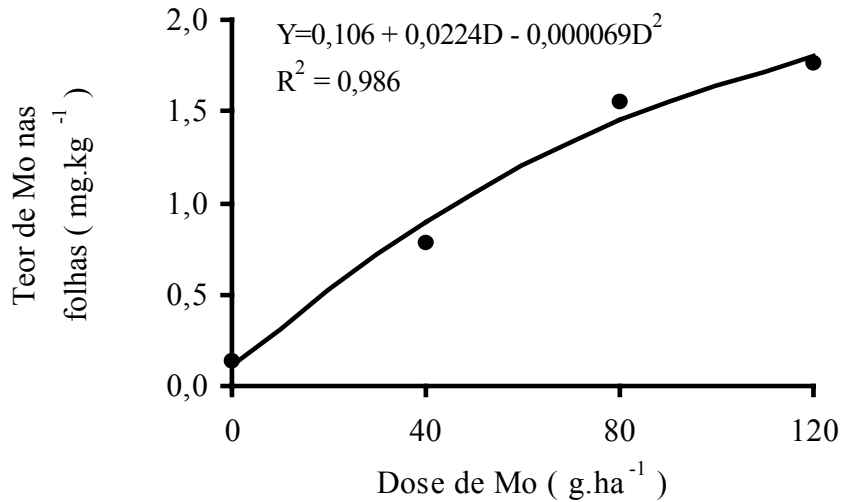


Figura 6 - Concentração de molibdênio na matéria seca das folhas do feijoeiro, em função das doses de molibdênio aplicadas via foliar, no experimento I.

A diferença da concentração de Mo na matéria seca da folha entre os tratamentos adubados e não-adubados com Mo foi marcante. No experimento I, o teor de molibdênio na matéria seca aumentou de 0,106 mg.kg⁻¹ (dose zero) para 1,8 mg.kg⁻¹ (dose de 120 g.ha⁻¹). Segundo JOHNSON et al. (1952), o teor de molibdênio na folha do feijoeiro considerado suficiente é de 0,4 mg.kg⁻¹, enquanto OLIVEIRA e THUNG (1988) consideram a faixa de 0,40 a 1,40 mg.kg⁻¹ a concentração normal. Conforme relatou PESSOA (1998), plantas com teores abaixo de 0,61 mg.kg⁻¹ apresentam deficiência de molibdênio, interferindo no metabolismo do nitrogênio.

Semelhantemente ao ocorrido com as folhas do feijoeiro, a adubação com molibdênio originou sementes com maiores concentrações desse nutriente (Figura 7). Seu efeito foi linear crescente no experimento I. Na ausência de adubação foliar molíbdica, não foi detectado Mo pela metodologia empregada, por isso, durante o ajuste da equação de regressão, a constante do modelo foi negativa. Entretanto, em face do alto coeficiente de determinação da equação obtida e da não-obtenção de um modelo com constante positiva que explicasse o fenômeno observado, foi aceito o referido modelo, com a ressalva de que, na

dose zero, a concentração é negativa, o que na prática não ocorre. A concentração de Mo na matéria seca das sementes variou de 0 a 1,426 mg.kg⁻¹.

A reserva de molibdênio das sementes utilizadas não influenciou a concentração e o conteúdo de molibdênio das sementes colhidas, em ambos os experimentos, diferentemente do obtido por BRODRICK et al. (1992). Estes autores verificaram que, nas plantas originadas de sementes com baixo conteúdo de molibdênio e sem aplicação adicional de Mo, houve redução no conteúdo do micronutriente e no rendimento de sementes, tanto em variedades de sementes grandes quanto pequenas.

A elevação da concentração de Mo na matéria seca das sementes, devido ao aumento das doses de Mo aplicadas via foliar, evidencia a grande capacidade de translocação e armazenamento desse micronutriente no dreno principal, conforme ressaltado por JACOB NETO e ROSSETTO (1998).

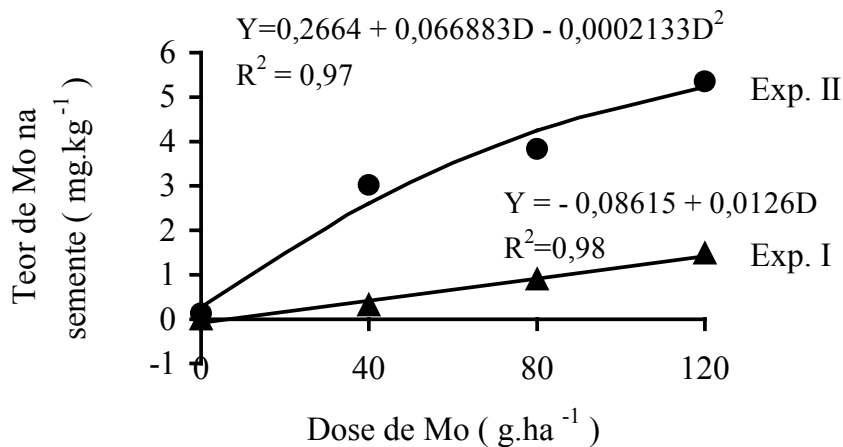


Figura 7 - Concentração de molibdênio na matéria seca das sementes de feijão devido às doses de molibdênio aplicadas via foliar, nos experimentos I e II.

O conteúdo de molibdênio nas sementes aumentou significativamente com a elevação das doses de Mo (Figura 8), de forma semelhante ao seu teor nas

sementes. O modelo ajustado foi o linear crescente, no experimento I; os conteúdos estimados ficaram na faixa de 0 a 0,255 $\mu\text{g}.\text{semente}^{-1}$. O modelo linear ajustado, da mesma forma que o obtido para o teor de Mo na semente, também apresentou constante negativa. Aceitou-se esse modelo devido ao seu alto coeficiente de determinação e porque não foi encontrado outro modelo que explicasse o fenômeno e apresentasse constante positiva.

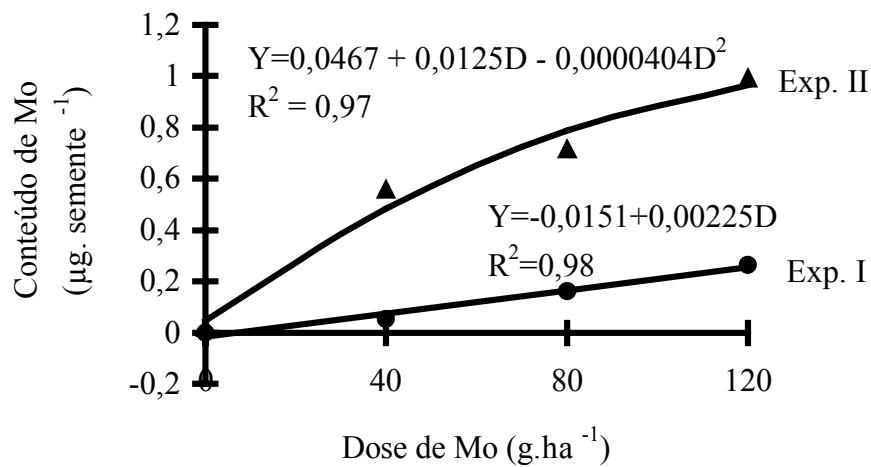


Figura 8 - Conteúdo de molibdênio na matéria seca das sementes de feijão devido a doses de molibdênio aplicadas via foliar, nos experimentos I e II.

O conteúdo de molibdênio nas sementes usadas no plantio, variando de 0 a 0,535 $\mu\text{g}.\text{semente}^{-1}$, não influenciou a nutrição molíbdica da planta, e mesmo os maiores conteúdos não impediram a produção de sementes com baixa reserva do nutriente.

4.3.2. Experimento II

À semelhança do experimento I, a adubação foliar com molibdênio aumentou a concentração de Mo nas folhas, apresentando efeito linear crescente (Figuras 9 e 10). A concentração de Mo na matéria seca de folhas diminuiu

significativamente com o aumento do conteúdo de molibdênio nas sementes (Figuras 9 e 10). Esperava-se o contrário.

O teor foliar de molibdênio estimado foi de 0,35 e 3,64 mg.kg⁻¹, nas doses de 0 e 120 g.ha⁻¹, respectivamente, com conteúdo médio de Mo de 0,141 μg.semente⁻¹, elevando o teor de Mo em 940%.

A adubação com molibdênio originou sementes com maiores concentrações do nutriente (Figura 7), apresentando efeito quadrático. Neste experimento, não foi possível atingir a concentração máxima com as doses utilizadas: os teores variaram entre 0,267 e 5,22 mg.kg⁻¹, entre as doses de 0 e 120 g.ha⁻¹ de molibdênio.

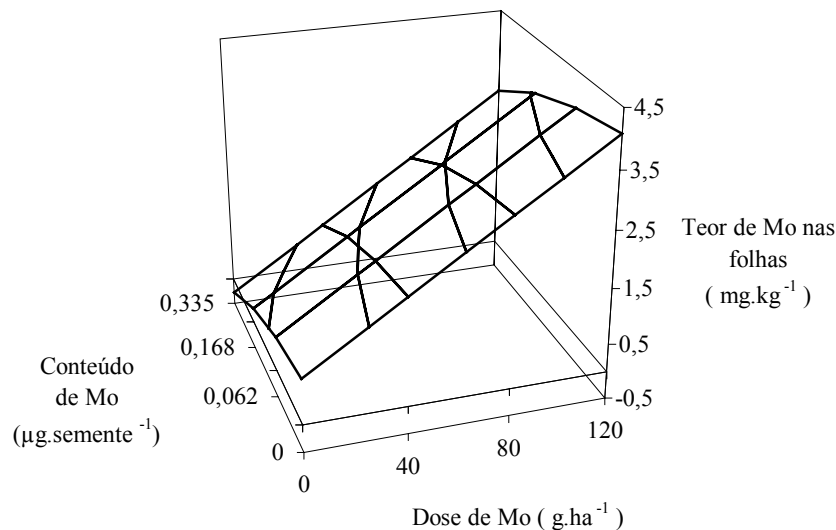


Figura 9 - Concentração de molibdênio na matéria seca das folhas do feijoeiro devido às doses de molibdênio (D) aplicadas via foliar e do conteúdo de molibdênio nas sementes (C), no experimento II ($\hat{Y} = 0,804 + 0,0274D - 3,2168C$; $R^2 = 0,84$).

O conteúdo de molibdênio nas sementes aumentou significativamente com a elevação das doses de Mo (Figura 8), de forma semelhante ao seu teor nas sementes. O efeito foi quadrático, e os conteúdos estimados ficaram entre 0,05 e 0,97 μg.semente⁻¹.

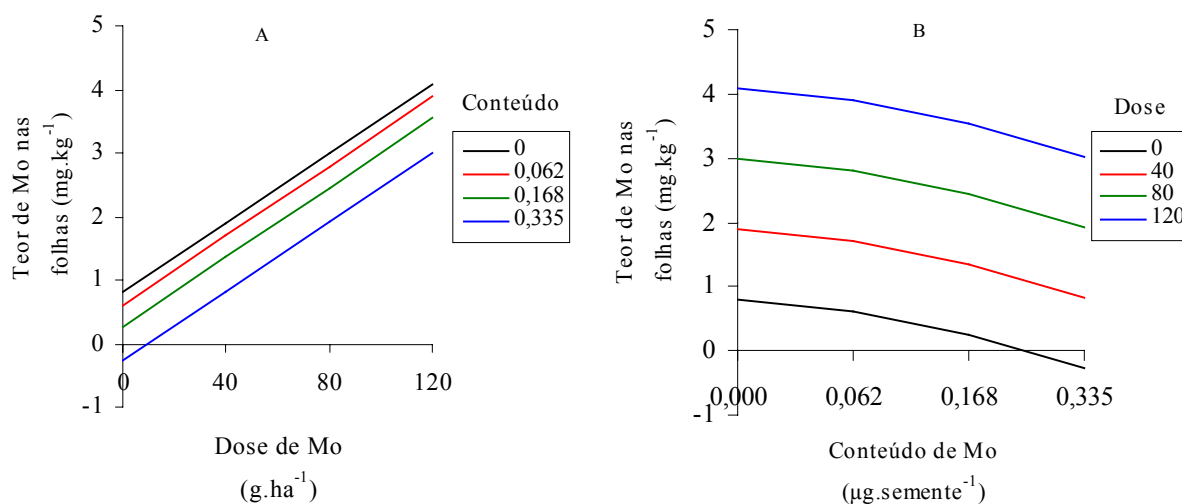


Figura 10 - Corte na superfície de resposta da Figura 9, relativa à concentração de molibdênio nas folhas do feijoeiro (experimento II), em função das doses de Mo aplicadas via foliar (A) e do conteúdo de Mo na semente (B).

A reserva de molibdênio das sementes utilizadas não influenciou a concentração e o conteúdo de molibdênio das sementes colhidas, em ambos os experimentos, diferentemente do obtido por BRODRICK et al. (1992). Estes autores verificaram que, nas plantas originadas de sementes com baixo conteúdo de molibdênio e sem aplicação adicional de Mo, houve redução no conteúdo do micronutriente e no rendimento de sementes, tanto em variedades de sementes grandes quanto pequenas.

O conteúdo de molibdênio nas sementes utilizadas para plantio, variando de 0 a 0,335 µg.semente⁻¹, no experimento II, não influenciou a nutrição molíbdica da planta, e mesmo os maiores conteúdos não impediram a produção de sementes com baixa reserva do nutriente. BRODRICK et al. (1995) observaram que a utilização de sementes com conteúdo suficiente de Mo impediu a produção de sementes deficientes em Mo por até quatro colheitas consecutivas, numa mesma área. Porém, esses autores usaram sementes com conteúdo de Mo de até 9,3 µg.semente⁻¹, quantidade essa muito superior à utilizada no presente estudo.

4.4. Níveis críticos de molibdênio na planta

Os teores críticos de molibdênio na matéria seca da primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida a partir do ápice, no início do florescimento, e os teores e conteúdos de Mo estimados nas sementes são apresentados no Quadro 4. Os teores críticos nas folhas foram maiores que os indicados por MILLS e JONES JUNIOR (1996) e REUTER et al. (1997), talvez devido à pulverização das folhas com Mo ou à variedade utilizada. De acordo com BRODRICK e GILLER (1991), existem diferenças entre cultivares quanto à absorção, ao armazenamento e à distribuição do Mo nas plantas. Os teores encontrados nas sementes estão na faixa de 0,3 a 5,2 mg.kg⁻¹, considerada suficiente por BRODRICK et al. (1995).

O conteúdo de molibdênio nas sementes colhidas ficou aquém do considerado suficiente por JACOB NETO e FRANCO (1986). Segundo esses autores, o conteúdo de 3,51 µg.semente⁻¹ de molibdênio é suficiente para as plantas de feijão se desenvolverem sem adubação complementar. Para obter aquele conteúdo, os referidos autores trabalharam com 200 g.ha⁻¹ de Mo, acima dos 60 g.ha⁻¹ recomendados para a cultura do feijão (CFSMG, 1999).

Os teores de Mo nas folhas e sementes e o conteúdo de Mo nestas sementes foram maiores no segundo experimento. A época de instalação e cultivo do feijoeiro no segundo experimento foi no verão. Neste trabalho, as condições climáticas, principalmente temperatura e umidade elevadas, possivelmente elevaram a nitrificação no solo, demandando maior absorção de Mo, que, posteriormente, foi acumulado na planta.

Os vários tipos de tecidos, épocas de amostragem e diferentes metodologias de análises de Mo, utilizadas nos diversos experimentos existentes na literatura, têm dificultado as comparações entre os trabalhos referentes à nutrição molíbdica do feijoeiro. Além disso, a concentração e o conteúdo de Mo nas sementes e nas folhas são controlados pelo material genético e pelo tipo de solo (BRODRICK et al., 1995). Segundo GUPTA e LIPSETT (1981), a interferência das características químicas dos solos, a diferença entre sementes

quanto às reservas de Mo e a presença de quantidades extremamente pequenas de molibdênio nos solos podem dificultar a interpretação de níveis críticos do nutriente em questão.

Quadro 4 - Teores críticos de molibdênio na matéria seca da folha amostrada no início do florescimento, concentração e conteúdo estimados de Mo nas sementes de feijão, nos experimentos I e II

Experimento	Teor Crítico na Folha (mg.kg ⁻¹)	Teor Estimado na Semente (mg.kg ⁻¹)	Conteúdo Estimado na Semente (µg.semente ⁻¹)
I	1,50	0,97	0,17
II	3,64	5,22	0,97

4.5. Concentração de N orgânico nas folhas e nas sementes e concentração de N-NO₃⁻ nas folhas

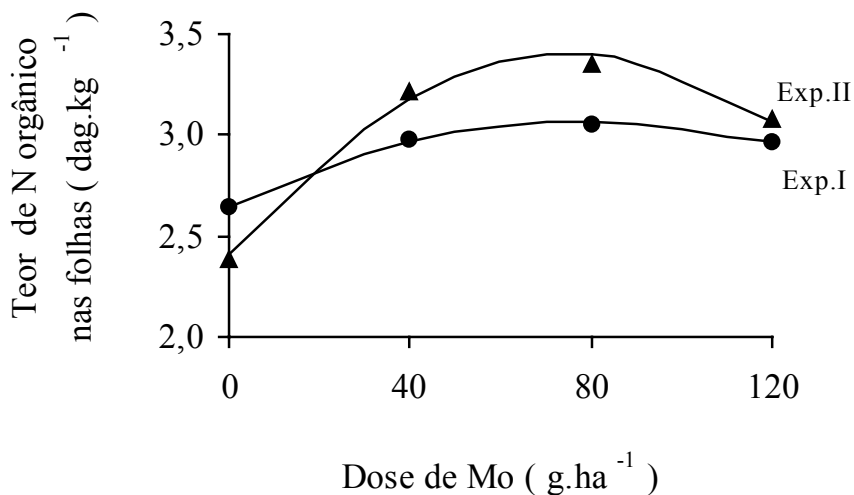
4.5.1. Experimento I

O conteúdo de molibdênio nas sementes não afetou significativamente ($P < 5\%$) os teores de N orgânico e N-NO₃⁻ na matéria seca das folhas do feijoeiro, o que ajuda a explicar a ausência de resposta das plantas, em termos de produtividade, quando foram utilizadas sementes com diferentes conteúdos do micronutriente.

Já a adubação foliar molíbdica afetou significativamente a nutrição nitrogenada das plantas, principalmente o teor de N orgânico nas folhas. No primeiro experimento, houve resposta quadrática à aplicação de doses crescentes de molibdênio (Figura 11): a concentração máxima estimada foi de 3,07 dag.kg⁻¹, com 80 g.ha⁻¹. É importante ressaltar que a produtividade máxima e o teor máximo de N orgânico foram obtidos praticamente com a mesma dose de Mo (83,9 g.ha⁻¹). Incremento de 15,85 % foi observado nos teores de N orgânico nas

folhas, comparando-se a dose 0 de Mo com a dose que proporcionou a máxima produtividade de grãos.

O incremento da concentração de N orgânico na matéria seca das folhas, devido à adubação com molibdênio, pode ser explicado pela sua participação nas enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, melhorando suas atividades e possibilitando maior aproveitamento do nitrogênio (COELHO et al., 1998; TAIZ e ZEIGER, 1998; ZIMMER e MENDEL, 1999). Em virtude de seu papel fundamental no metabolismo do nitrogênio, o molibdênio influencia, concomitantemente, os processos fotossintético e respiratório das plantas (TAIZ e ZEIGER, 1998), contribuindo, desse modo, para o aumento da produtividade. Quando não receberam adubação foliar com molibdênio, as plantas apresentaram sintomas característicos de deficiência de nitrogênio, isto é, clorose nas folhas mais velhas, com posterior amarelecimento geral da planta, e crescimento reduzido das folhas e da própria planta.



$$\text{Exp. I } (\hat{Y} = 2,65 + 0,0104D - 0,000065D^2; R^2 = 0,99)$$

$$\text{Exp. II } (\hat{Y} = 2,40 + 0,0263D - 0,000173D^2; R^2 = 0,99)$$

Figura 11 - Concentração de N orgânico na matéria seca das folhas do feijoeiro devido às doses de molibdênio aplicadas via foliar, nos experimentos I e II.

Nas plantas que não receberam adubação com molibdênio, esperava-se acúmulo de nitrato na matéria seca das folhas. A deficiência desse micronutriente nas plantas pode levar ao acúmulo de nitrato na folha, devido à não-indução da enzima redutase do nitrato. Por essa razão, freqüentemente leguminosas deficientes de Mo apresentam sintomas de deficiência de nitrogênio, mesmo em solos com alta disponibilidade de nitrogênio (GUPTA e LIPSETT, 1981; MARSCHNER, 1995). Entretanto, tal fato não foi verificado em nenhum dos dois trabalhos, sendo que em várias amostras de folhas analisadas não foi detectado N-NO_3^- .

O teor de N orgânico na matéria seca das sementes foi afetado pelo conteúdo de Mo das sementes e pela adubação foliar molíbdica ($\hat{Y} = 3,2855 - 1,1894C + 2,301C^2 + 0,01142D - 0,0000704D^2$; $R^2 = 0,79$), havendo efeito quadrático com a aplicação de doses de Mo (Figura 12).

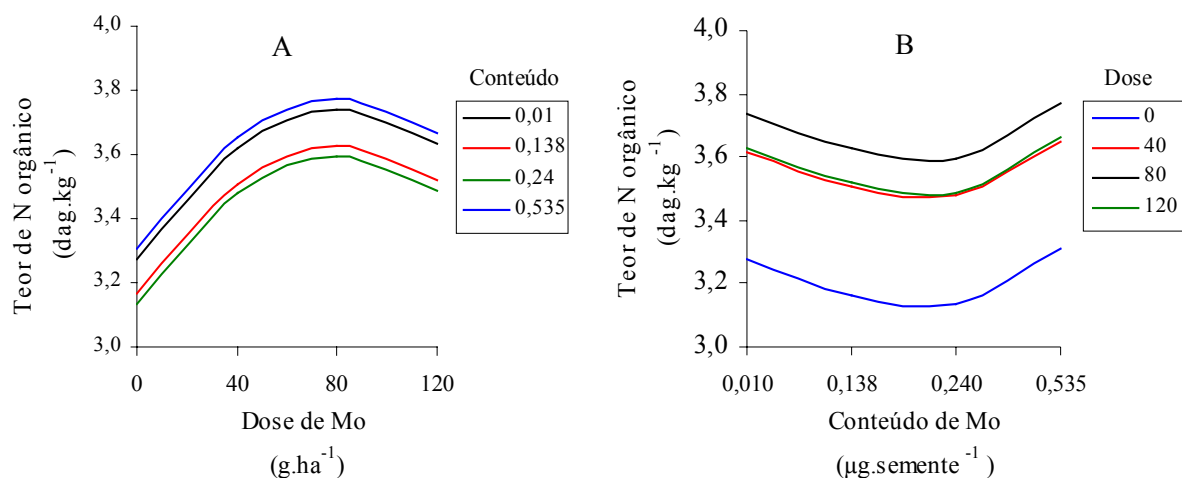


Figura 12 - Corte na superfície de resposta ($\hat{Y} = 3,2855 - 1,1894C + 2,301C^2 + 0,01142D - 0,0000704D^2$), relativo ao teor de N orgânico na matéria seca das sementes, no experimento II, em função das doses de Mo aplicadas via foliar (A) e do conteúdo de Mo na semente (B).

A adubação molíbdica aumentou também o teor de N orgânico nas sementes. Segundo HUNGRIA e NEVES (1986), o acúmulo de N nas sementes

do feijoeiro está associado à maior atividade da nitrogenase, no período de floração e desenvolvimento inicial das vagens, e à maior translocação de nitrogênio das folhas para as sementes. Com o desenvolvimento das vagens, os teores de N da folha começam a diminuir, devido ao intenso crescimento das sementes e à translocação para as vagens, associados à redução da absorção de nitrogênio do solo e à redução da fixação biológica. Segundo PESSOA (1998), esses efeitos são muito mais acentuados nas plantas deficientes de molibdênio, e, conseqüentemente, essas plantas apresentam menor concentração de N nas folhas e nos grãos, em comparação com às bem nutridas com molibdênio.

A adubação foliar com Mo influenciou os teores de N orgânico na matéria seca de folhas e sementes e, conseqüentemente, afetou também o teor de proteína nas sementes. No experimento I, houve efeito significativo do conteúdo de Mo nas sementes sobre a concentração de proteína na matéria seca das sementes ($\hat{Y} = 20,502 - 7,422C + 14,4096C^2 + 0,0713D - 0,00044D^2$; $R^2=0,79$). Porém, a resposta não apresentou padrão definido, dificultando a explicação do fenômeno. Incremento de 14,7% foi observado na concentração de proteína na matéria seca de sementes, comparando-se a dose 0 de Mo com a dose que proporcionou a máxima produção de grãos. Plantas adubadas com molibdênio tendem a apresentar maior atividade da enzima redutase do nitrato, podendo, dessa forma, levar ao aumento da concentração de proteína. A redução dos teores de proteína nas sementes de feijão, quando ocorre deficiência de molibdênio, pode ser explicada pela menor produção de metabólitos nitrogenados pela planta (SACO et al., 1995), devido à redução da atividade da redutase do nitrato, levando à diminuição da síntese de aminoácidos e, conseqüentemente, de proteínas. Trabalhos com a cultura do trigo (CAIRNS e KRITZINGER, 1992) e do milho (FERREIRA, 1997) também evidenciaram que a aplicação de molibdênio eleva os teores de proteína nos grãos.

Houve efeito significativo das doses de molibdênio sobre o rendimento de proteína ($P < 0,05$), com efeito quadrático (Figura 13). A produtividade máxima estimada de proteína foi de $382 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com $81 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Mo. Comparando a dose 0 de Mo com a dose que proporcionou a máxima produção

de grãos, observou-se incremento de 59,7% no rendimento de proteína das sementes.

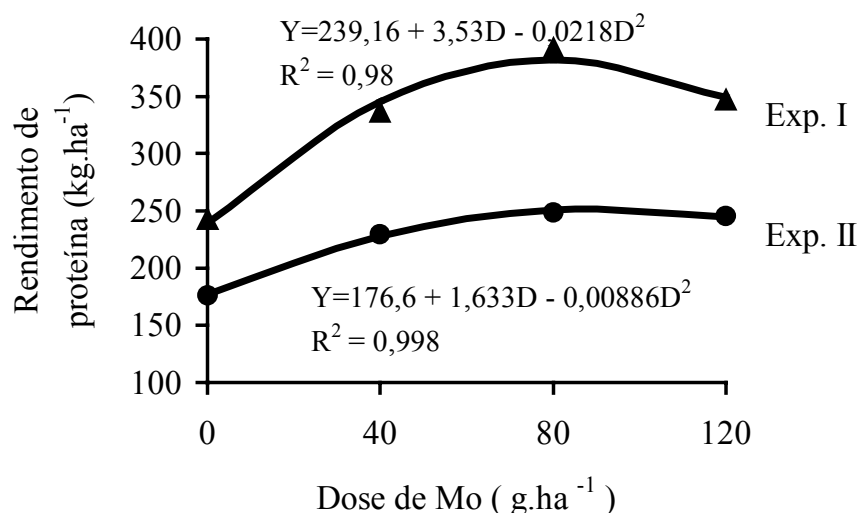


Figura 13 - Rendimento de proteína nas sementes de feijão em função das doses de molibdênio aplicadas via foliar, nos experimentos I e II.

4.5.2. Experimento II

Da mesma maneira do experimento I, o conteúdo de molibdênio das sementes não afetou significativamente ($P < 5\%$) os teores de N orgânico e N-NO_3^- na matéria seca das folhas do feijoeiro.

A concentração de N orgânico nas folhas aumentou, de forma quadrática, em função das doses de molibdênio (Figura 11): a concentração máxima estimada foi de $3,4 \text{ dag.kg}^{-1}$, com 76 g.ha^{-1} . Incremento de 27,5% foi observado nos teores de N orgânico nas folhas, comparando-se a dose 0 de Mo com a dose que proporcionou a máxima produtividade de grãos.

A concentração de N orgânico nas sementes foi influenciada significativamente somente pelas doses de molibdênio, com resposta quadrática ($\hat{Y} = 3,249 + 0,01188D - 0,000072D^2$; $R^2 = 0,89$). A concentração máxima estimada ($3,74 \text{ dag.kg}^{-1}$) foi obtida com a dose de $82,5 \text{ g.ha}^{-1}$.

O teor estimado de N orgânico (Quadro 5), na matéria seca de folhas, obtido com a dose de 120 g.ha⁻¹ de Mo, está na faixa considerada como suficiente (3,00 - 3,5 dag/kg), segundo REUTER e ROBINSON (1986).

Quadro 5 – Concentrações estimadas de nitrogênio orgânico na matéria seca de folhas de feijão, amostradas no início do florescimento, e na matéria seca de semente, obtidas com as doses de 83,9 (experimento I) e de 120 g.ha⁻¹ de Mo (experimento II)

Experimento	Concentração Estimada	
	Folha (dag.kg ⁻¹)	Semente (dag.kg ⁻¹)
I	3,07	3,60
II	3,06	3,64

A adubação foliar com Mo influenciou os teores de N orgânico na matéria seca de folhas e sementes e, conseqüentemente, afetou também o teor de proteína nas sementes. Efeito semelhante foi observado no primeiro experimento. No experimento II, somente a adubação molíbdica elevou, de forma quadrática, o teor de proteína nas sementes ($\hat{Y} = 20,275 + 0,0741X - 0,0004489X^2$; $R^2=0,89$), atingindo o máximo (23,33 dag.kg⁻¹) com a dose de 82,5 g.ha⁻¹. A concentração de proteína na matéria seca de sementes aumentou 11,9%, comparando-se a dose 0 de Mo com a que proporcionou a máxima produção de grãos.

Houve efeito significativo das doses de molibdênio sobre o rendimento de proteína ($P < 0,05$), com efeito quadrático (Figura 13). O rendimento máximo estimado de proteína foi de 251,8 kg.ha⁻¹, com 92,2 g.ha⁻¹ de Mo. O incremento no rendimento de proteína foi de 38,7%, comparando-se a dose 0 de Mo com a que proporcionou a máxima produção de grãos.

4.6. Nutrientes nas folhas e nas sementes de feijão

4.6.1. Experimento I

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre doses e conteúdos de Mo nas sementes, quanto aos teores de P, Ca e Mg na matéria seca da folha e aos teores de K, P, S, Ca e Mg na matéria seca da semente (Quadro 6). As concentrações desses nutrientes diminuíram com o aumento do conteúdo de molibdênio na semente, resultado de difícil explicação, pois não houve aumento do peso de matéria seca das plantas que justificasse os resultados como possíveis efeitos de diluição dos nutrientes. Era esperado que, se ocorresse algum efeito, seria o incremento dos teores desses nutrientes em virtude do melhor estado nutricional inicial das plantas originadas das sementes com maiores conteúdos do micronutriente.

Quanto às concentrações de nutrientes na matéria seca das sementes de feijão, foi observado que, com exceção do K, os demais nutrientes (Ca, Mg, S e P) foram afetados significativamente ($P < 0,05$) pelas doses de molibdênio. Houve interação significativa entre os conteúdos de Mo da semente e as doses de Mo no teor de P na matéria seca das sementes (Quadro 6). Os teores de Ca, Mg e S decresceram linearmente com o aumento das doses de molibdênio, o que pode ser atribuído ao possível efeito de diluição dos nutrientes provocado pelo incremento do peso de matéria seca das sementes.

4.6.2. Experimento II

As concentrações de P, S, Ca, Mg e K na matéria seca de folhas apresentaram resposta quadrática com o incremento das doses de Mo (Quadro 7). Esses incrementos ocorreram, possivelmente, porque o molibdênio favoreceu o maior crescimento dos feijoeiros, induzindo as plantas a absorver mais nutrientes do solo.

Quadro 6 - Equações e coeficientes de determinação das concentrações de cálcio, magnésio, enxofre, fósforo e potássio (dag.kg^{-1}) nas folhas e sementes de feijão, em função das doses de molibdênio (g.ha^{-1}) e do conteúdo de Mo ($\mu\text{g.semente}^{-1}$), no experimento I

Nutriente	Equação	R ²
Ca (folha)	$\hat{Y} = 3,18 - 3,753C + 0,776C^2 - 0,005D + 0,0148C^2D$	0,77
Mg (folha)	$\hat{Y} = 0,518 - 0,619C - 0,00151D + 0,0000065D^2 + 0,0000056CD^2$	0,77
S (folha)	$\hat{Y} = 0,257 - 0,455C + 0,412C^2 + 0,00012D - 0,00138C^2D$	0,70
P (folha)	$\hat{Y} = 0,898 - 1,43C + 0,287C^2 - 0,00109D + 0,0016C^2D$	0,77
K (folha)	$\hat{Y} = 5,22 - 7,657C + 4,884C^2 - 0,00225D + 0,0054C^2D$	0,78
Ca (semente)	$\hat{Y} = 0,126 - 0,000821D + 0,00000498D^2$	0,999
Mg (semente)	$\hat{Y} = 0,135 - 0,0000504D$	0,63
S (semente)	$\hat{Y} = 0,12 - 0,0000933D$	0,89
P (semente)	$\hat{Y} = 0,52 - 0,126C + 0,21C^2 - 0,00067D + 0,0000038D^2 - 0,000003C^2xD^2$	0,60
K (semente)	$\hat{Y} = ! = 2,01$	—

* e ** significativos, respectivamente, a 5 e a 1% de probabilidade, pelo teste t.

O aumento da disponibilidade de molibdênio por intermédio da adubação foliar exerceu efeito significativo ($P < 0,05$) sobre os teores dos nutrientes P, S, Ca e K, com exceção do Mg, nas sementes. As equações ajustadas desses nutrientes encontram-se no Quadro 7, assim como o teor médio de Mg.

A concentração de P, S, Ca, Mg e K na matéria seca de folhas e sementes não foi afetada, significativamente, pelo conteúdo de molibdênio nas sementes.

Quadro 7 - Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação das concentrações de nutrientes (dag.kg^{-1}) na matéria seca das folhas e das sementes de feijão, em função das doses de molibdênio ($X=\text{kg.ha}^{-1}$) (experimento II)

Nutriente	Equação	R ²
P (folha)	$\hat{Y} = 0,197 + 0,000808D - 0,0000056D^2$	0,93
S (folha)	$\hat{Y} = 0,01 + 0,00078D - 0,0000053D^2$	0,99
Ca (folha)	$\hat{Y} = 0,935 + 0,00235D - 0,00018D^2$	0,49
Mg (folha)	$\hat{Y} = 0,125 + 0,00064D - 0,00000444D^2$	0,81
K (folha)	$\hat{Y} = 2,14 + 0,0115D - 0,000082D^2$	0,999
P (semente)	$\hat{Y} = 0,531 - 0,0004005D$	0,99
S (semente)	$\hat{Y} = 0,116 - 0,000315D + 0,00000194D^2$	0,96
Ca (semente)	$\hat{Y} = 0,153 - 0,001106D + 0,0000075D^2$	0,93
K (semente)	$\hat{Y} = 1,82 - 0,00248D + 0,0000144D^2$	0,93
Mg (semente)	$\hat{Y} = ! = 0,188$	—

* e ** significativos, respectivamente, a 5 e a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Apesar dos aumentos dos teores de P, S, Ca, Mg e K nas folhas com o incremento das doses de Mo, não houve aumento correspondente desses nutrientes nas sementes, diferentemente do observado com os teores de molibdênio e N orgânico. A diminuição da concentração de P, S, Ca e K nas sementes (experimento II), com a elevação das doses de molibdênio, pode ser explicada pela maior produção da cultura e, conseqüentemente, pela diluição dos nutrientes absorvidos ou pela redução na translocação deles durante a fase de crescimento das sementes.

No Quadro 8 são apresentadas as concentrações estimadas de P, K, S, Ca e Mg nas folhas e sementes do feijoeiro, nos dois experimentos. Os teores de cálcio encontrados nas folhas, em ambos os experimentos, estão abaixo dos níveis considerados como suficientes para o bom crescimento do feijoeiro (JONES JUNIOR et al., 1991). A baixa concentração de cálcio nas folhas refletiu

em menor teor armazenado nas sementes, o qual foi muito inferior ao encontrado por VIEIRA et al. (1987) e PESSOA (1998).

Nas sementes, os teores de P, K e Mg estão na faixa também verificada por VIEIRA et al. (1987), que trabalharam com três variedades, e por PESSOA (1998), que estudou a variedade Ouro-Negro.

Quadro 8 – Teores estimados e observados de nutrientes na matéria seca de folhas de feijão, amostradas no início do florescimento, e em sementes colhidas nos dois experimentos, com as doses de 83,9 (experimento I) e 120 g.ha⁻¹ (experimento II) de Mo

Nutriente	Experimento I		Experimento II	
	Folha	Semente	Folha	Semente
P	0,50	0,47	0,512	0,48
K	3,55	2,01*	2,34	1,73
S	0,18	0,11	0,03	0,11
Ca	2,00	0,09	1,38	0,13
Mg	0,30	0,13	0,14	0,188*

* Teor médio observado, sendo os demais estimados.

4.7. Correlações entre variáveis

Os coeficientes de correlação entre a produtividade de grãos, o teor foliar de N orgânico, o teor de Mo nas sementes e folhas, o conteúdo de Mo nas sementes e algumas variáveis avaliadas são apresentados nos Quadros 9 e 10, correspondentes aos experimentos I e II, respectivamente. O teor de Mo nas folhas, o teor de Mo e N orgânico nas sementes e o conteúdo de Mo nas sementes correlacionaram-se, positivamente, com a produção de grãos, evidenciando-se a importância dessas características e suas inter-relações influenciando a produtividade do feijoeiro. A correlação altamente significativa entre a concentração de Mo nas folhas e a produtividade de grãos indica a possibilidade de utilização do teor de Mo nas folhas na avaliação do estado nutricional do feijoeiro, em relação ao Mo, podendo ser utilizado como meio para detectar

deficiências e prever respostas. Entretanto, há que se ressaltar a necessidade de adaptações técnicas para garantir maior praticidade na análise de Mo na matéria seca de plantas, permitindo o uso desta análise como rotina em laboratórios.

Em ambos os experimentos, o teor de N orgânico nas folhas do feijoeiro apresentou correlação positiva com a produtividade de grãos, resultado também obtido por AMANE (1997), evidenciando, portanto, ser uma variável com promissora capacidade preditiva da produtividade. Também, apresentou coeficiente de correlação positivo com o teor de proteína das sementes, indicando a importância do nível nutricional de N na síntese protéica, conforme também verificado por ZHANG et al. (1994).

Quadro 9 - Coeficientes de correlação linear entre a produtividade de grãos, os teores de N orgânico nas folhas e de Mo nas folhas e sementes e as variáveis avaliadas no experimento I

Variável	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Teor de N Orgânico Foliar (dag.kg ⁻¹)	Teor de Mo Foliar (mg.kg ⁻¹)	Teor de Mo na Semente (mg.kg ⁻¹)	Conteúdo de Mo na Semente (µg.semente ⁻¹)
Produtividade	-	0,58*	0,71**	0,54*	0,54*
N orgânico foliar	0,58*	-	0,52*	0,42	0,42
Teor de Mo foliar	0,71**	0,52*	-	0,93**	0,93**
Teor de Mo na semente	0,54*	0,42	0,93**	-	1,00**
Conteúdo de Mo na semente	0,54*	0,42	0,93**	1,00**	-
Vagens/m ²	0,83**	0,53*	0,66**	0,54*	0,53*
Sementes/vagem	0,50	0,18	0,15	0,08	0,08
Peso de 100 sementes	0,50*	0,49	0,60*	0,40	0,41
N org. na semente	0,59*	0,84**	0,66**	0,55*	0,55*
Teor de proteína na semente	0,59*	0,84**	0,66**	0,55*	0,55*
Rendimento de proteína	0,97**	0,70**	0,75**	0,57*	0,57*

* e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

As correlações positivas entre o teor de molibdênio nas folhas e os teores e conteúdos de Mo nas sementes vêm comprovar a grande capacidade de translocação do nutriente das folhas para as sementes, conforme discutido anteriormente.

Por meio das análises de correlações, percebeu-se a importância do manejo da adubação foliar molíbdica na cultura do feijão, nas condições dos presentes estudos, pois garantiu maior produtividade e qualidade protéica das sementes.

Quadro 10 - Coeficientes de correlação linear entre a produtividade de grãos, os teores de N orgânico nas folhas e de Mo nas folhas e sementes e as variáveis avaliadas no experimento II

Variável	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Teor de N Orgânico Foliar (dag.kg ⁻¹)	Teor de Mo Foliar (mg.kg ⁻¹)	Teor de Mo na Semente (mg.kg ⁻¹)	Conteúdo de Mo na Semente (µg.semente ⁻¹)
Produtividade	-	0,76**	0,63**	0,69*	0,70**
N orgânico foliar	0,76**	-	0,65**	0,75**	0,76**
Teor de Mo foliar	0,63**	0,65**	-	0,88**	0,88**
Teor de Mo na semente	0,69**	0,75**	0,88**	-	1,00**
Conteúdo de Mo na semente	0,70**	0,76**	0,88**	1,00**	-
Vagens/m ²	0,87**	0,61*	0,50*	0,54*	0,55*
Sementes/vagem	-0,01	-0,13	-0,10	-0,02	-0,03
Peso de 100 sementes	0,42	0,67**	0,71**	0,70**	0,70**
N org. na semente	0,69**	0,83**	0,62*	0,79**	0,80**
Teor de proteína na semente	0,69**	0,83**	0,62*	0,79**	0,80**
Rendimento de proteína	0,97**	0,84**	0,67**	0,78**	0,79**

* e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivos verificar a influência do conteúdo de Mo na semente sobre sua qualidade fisiológica e avaliar o efeito do conteúdo de Mo nas sementes, em associação a doses de Mo aplicadas via foliar, aos 25 dias após a emergência, sobre a produtividade e a nutrição do feijoeiro, em duas épocas de plantio.

Foram conduzidos dois experimentos no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, em Viçosa, MG, utilizando-se a variedade Meia-Noite. No experimento I, instalado em 24/03/1999, foram utilizadas sementes com quatro conteúdos de Mo ($0,010 \pm 0,0099$; $0,138 \pm 0,017$; $0,24 \pm 0,0253$ e $0,535 \pm 0,024$ $\mu\text{g.semente}^{-1}$), combinadas com quatro doses de Mo aplicadas nas folhas (0, 40, 80 e 120 g.ha^{-1}). No experimento II, instalado em 01/12/1999, foram usadas as mesmas doses de Mo do experimento I e sementes com conteúdos de Mo de $0,000 \pm 0$; $0,062 \pm 0,0107$; $0,168 \pm 0,0119$ e $0,335 \pm 0,0338$ $\mu\text{g.semente}^{-1}$. Todos os tratamentos receberam no sulco de plantio, como adubação básica, 600 kg.ha^{-1} da formulação 4-14-8. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4x4.

Foram avaliados a percentagem de germinação das sementes utilizadas no plantio e o vigor, através do teste-padrão de germinação - 1ª contagem;

condutividade elétrica e envelhecimento acelerado; o rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por m², número de sementes por vagem e peso de 100 sementes); o teor de Mo na matéria seca de sementes e folhas; o conteúdo de Mo nas sementes; o teor de N orgânico na matéria seca de folhas e de sementes; o teor e o rendimento de proteína nas sementes; e o teor de P, K, Ca, Mg e S nas folhas e nas sementes.

Com exceção do experimento I, no qual a condutividade elétrica oscilou com o aumento do conteúdo de Mo, não apresentando padrão definido, em ambos os experimentos a reserva de Mo nas sementes não influenciou a qualidade fisiológica das sementes.

O conteúdo de Mo na semente, que variou de 0 a 0,535 µg.semente⁻¹ no experimento I e de 0 a 0,335 µg.semente⁻¹ no experimento II, não alterou a produtividade, evidenciando a necessidade da adubação molíbdica.

A adubação foliar molíbdica melhorou a nutrição nitrogenada do feijoeiro, aumentando os teores foliares de N orgânico e a produtividade. Os componentes do rendimento que mais variaram foram o peso de sementes e o número de vagens por m² (experimentos I e II). O rendimento de grãos atingiu o máximo (1.659 kg.ha⁻¹) com a dose de 83,9 g.ha⁻¹ de Mo (ganho de 41% em relação à dose zero), no experimento I. No experimento II, o rendimento de grãos apresentou efeito linear crescente devido à dose de Mo, atingindo o rendimento de 1.114 kg.ha⁻¹.

O teor e o acúmulo do Mo nas folhas e nas sementes aumentaram com a adubação molíbdica. As diferenças na concentração de Mo nas folhas entre os tratamentos que receberam adubação com Mo e os tratamentos sem Mo foram marcantes, aumentando até 1.598% no experimento I e 940% no experimento II.

O nível crítico de Mo na matéria seca de folhas, colhidas aos 35 dias após a emergência (florescimento), foi de 1,50 mg.kg⁻¹ no experimento I e de 3,64 mg.kg⁻¹ no experimento II.

Nas sementes, os teores de Mo estimados foram de 0,97 e 5,22 mg.kg⁻¹, nos experimentos I e II, respectivamente, enquanto o conteúdo estimado na

semente foi de 0,17 e 0,97 $\mu\text{g.semente}^{-1}$, com as doses de 83,9 e de 120 g.ha^{-1} de Mo, nos experimentos I e II, respectivamente.

O conteúdo de Mo nas sementes não influenciou a nutrição molíbdica da planta. Mesmo as sementes com maiores conteúdos (0,535 e 0,335 $\mu\text{g.semente}^{-1}$, nos experimentos I e II, respectivamente) produziram sementes com baixa reserva do micronutriente.

A adubação foliar molíbdica melhorou significativamente o estado nutricional nitrogenado do feijoeiro, aumentando o teor de N orgânico na folha, o teor de N orgânico e de proteínas nas sementes e o rendimento de proteína. O máximo rendimento de proteína foi de 382 kg.ha^{-1} , com 81 g.ha^{-1} de Mo (experimento I); e de 251,8 kg.ha^{-1} , com 92,2 g.ha^{-1} de Mo (experimento II).

As concentrações estimadas de nitrogênio orgânico na matéria seca da folha, amostrada no início do florescimento, foram de 3,07 e 3,06 dag.kg^{-1} e na matéria seca da semente, de 3,60 e 3,64 dag.kg^{-1} , respectivamente nos experimentos I e II, obtidas com as doses de 83,9 (experimento I) e de 120 g.ha^{-1} (experimento II).

Nos dois experimentos ficou evidente o efeito do Mo aplicado via foliar; na ausência do micronutriente, as folhas mais velhas amareleceram, houve menor crescimento das plantas e senescência mais rápida no período de crescimento de grãos.

No experimento I, os teores de P, S, Ca e Mg nas sementes diminuíram com o aumento das doses de Mo; no experimento II, os teores de P, S, Ca e K tiveram suas concentrações reduzidas.

Em ambas as épocas de plantio, ficou evidente a necessidade de adubação molíbdica, pois a reserva de Mo na semente não foi suficiente para obtenção de elevadas produtividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.F.; HARTOZOG, D.L.; NELSON, D.B. Supplemental calcium application on yield, grade, and seed quality of runner peanut. **Agronomy Journal**, v.85, p.86-93, 1993.

AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 83f. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Handbook on seed testing. Contribution, 32. Seed vigor testing handbook**. East Lansing: 1983. 88 p.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação de molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.473-480, 1996.

BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.29, n.1, p.71-72, 1965.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MARA, 1992. 365 p.

BRODRICK, S.J.; AMJEE, F.; KIPE-NOLT, J.A.; GILLER, K.E. Seed analysis as a means of identifying micronutrient deficiencies of *Phaseolus vulgaris* L. in the tropics. **Tropical Agriculture**, v.72, n.4, p.277-284, 1995.

BRODRICK, S.J.; GILLER, K.E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N₂-fixation in tropical *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.243, p.1339-1343, 1991.

BRODRICK, S.J.; SAKALA, M.K.; GILLER, K.E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N₂ fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, v.13, n.1, p.39-44, 1992.

CAIRNS, A.L.P.; KRITZINGER, J.H. Reduced seed dormancy of wheat caused by molybdenum deficiency. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 6, Idaho, 1992. **Proceedings...** Idaho, 1992. p.339-344.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424 p.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHARDER, M.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.

COELHO, F.C.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R.; CASSINI, S.T.A. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e do feijão, em monocultivo e em consórcio: I – Efeitos sobre o feijão. **Revista Ceres**, v.45, p.393-407, 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFMSG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: 1999, 359 p.

DALLPAI, D.L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais**. Viçosa, 1996. 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

EIVAZI, F.; SIMS, J.L.; CRUTHFIELD, J. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid automated method. **Soil Science and Plant Analysis**, v.13, p.135-150, 1982.

FERREIRA, A.C. de B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho.** Viçosa, 1997. 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

FONTES, R. L. F. Pesquisa com micronutrientes em solos e plantas. Difusão dos resultados no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Palestras (CD-ROOM).** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Não paginado.

FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Fixação biológica de nitrogênio. In: **Curso de agricultura tropical: os solos tropicais.** Brasília: ABEAS, 1988. 54 p. (Módulo 2).

FRANCO, A.A.; MUNNS, A.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.1144-1148, 1981.

FUGE, R. An automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical**, v.95, p.171-176, 1970.

GUPTA, U.C. Effect of methods of application and residual effect of molybdenum on the molybdenum concentration and yield of forages on podzol soils. **Canadian Journal Soil Science**, v.59, p.183-189, 1979.

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants and animals. **Advance in Agronomy**, v.34, p.73-115, 1981.

HAQUE, I. Molybdenum in soils and plants and its potential importance to livestock nutrition, with special reference to sub-Saharan Africa. **Ilca Bulletin**, v.26, p.20-28, 1987.

HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo: um exemplo da aplicação dos diagramas EH-pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.98-103, 1978.

HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.715-730, 1986.

JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L. (Eds). **Soil chemical analysis.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. p.183-204.

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. Conteúdo de molibdênio nas sementes para auto-suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.58, n.3, p.508, 1986.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C.A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p.171-183, 1998.

JOHNSON, C.M.; PEASON, G.A.; STOUT, P.R. Molybdenum nutrition of crop plants. II. Plant and soil factors concerned with molybdenum deficiencies in crop plants. **Plant Soil**, v.4, p.178-196, 1952.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook - a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

KOCHIAN, L.V. Mechanisms of micronutrients uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J. et al. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.229-292.

LANTMANN, A.F. et al. **Micronutrientes para a cultura da soja no estado do Paraná: zinco e molibdênio**. Londrina, PR: EMBRAPA/CNPSoja, 1985. 8 p. (Comunicado Técnico, 34).

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1991. p.357-390.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994. p.31-47.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 1999. Cap.1

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MEAGHER, W.R.; JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. **Plant Physiology**, v.27, p.223-230, 1952.

MILLS, H.A.; JONES JUNIOR, J.B. **Plant analysis handbook II**. Athens, Georgia, USA: MicroMacro Publishing, Inc., 1996. 422 p.

NAKAGAWA, J. et al. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na qualidade de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.505-512, 1990.

OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1988. p.175-212.

PESSOA, A. C. dos S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. Viçosa, 1998. 151f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

QUAGGIO, J.A. et al. Liming and molybdenum effects on nitrogen uptake and grain yield of corn. In: WRIGHT, R.J. et al. (Eds.). **Plant-soil interactions at low pH**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.327-333.

REUTER, D.J.; EDWARDS, D.G.; WILHELM, N.S. Temperate and tropical crops. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Eds.). **Plant analysis: an interpretation manual**. 2. ed. Collingwood, Australia: CSIRO, 1997. p.83-284.

REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant analysis an interpretation manual**. Melbourne, Australia: Inkata Press, 1986. 218 p.

RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J. et al. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.297-328.

ROSSETO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.V. Efeito do momento de colheita e da calagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cv. Botucatu. **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, n.2, p.138-146, 1994.

SACO, D.; ALVAREZ, M.; MARTIN, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1149-1153, 1995.

SALYSBURY, F.B.; ROOS, C.W. **Plant physiology** 4. ed. Califórnia: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.

SANTOS, O.S. dos. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**, Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 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**, v.20, n.2, p.198-204, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. (S. l.): Sinauer Associates, Inc., 1998. 794 p.

TANNER, P.D. The effect of molybdenum on maize seed quality. **Rhodesian Journal Agriculture Research**, v.17, p.125-129, 1979.

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F.O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.111-115, 1997.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EPE, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista Agricultura**, v.67, n.2, p.117-124, 1992.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: Associação Brasileira de Sementes, 1994. Cap. 4.

VIEIRA, R.F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1994. 188f. Tese (Doutorado em Solos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VIEIRA, R.F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans. I. Nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.169-180, 1998.

VIEIRA, R.F.; FONTES, R.A.; CARVALHO, J.R.P. Desempenho de sementes de feijão colhidas de plantas não adubadas, adubadas com macronutrientes + micronutrientes. **Revista Ceres**, v.34, n.192, p.162-179, 1987.

WATT, B.K.; MERRIL, A.L. **Handbook of the nutrition contents of foods**. New York: Dover Publication, 1975. 190 p.

YATSIMIRSKII, K.B. **Catalytic and chemical kinetics: the use of catalytic reactions involving hydrogen peroxid in the study of the formation of complexes and in the development of very sensitive analytical methods**. [S.l.: s.n.], 1964. Não paginado.

ZHANG, F.; MACKENZIE A.F.; SMITH, D.L. Nitrogen fertilizer and protein, lipid, and non-structural carbohydrate concentrations during the course of maize kernel filling. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.172, p.171-181, 1994.

ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**, v.1, p.160-168, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A - Número de vagens por m², número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e produtividade de grãos, devido ao conteúdo de molibdênio nas sementes e às doses de Mo aplicadas via foliar (experimento I)

Conteúdo Mo (μg.semente ⁻¹)	Mo (g.ha ⁻¹)	Nº de Vagens/ m ²	Nº de Sementes/ Vagem	Peso de 100 Sementes (g)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
0,010	0	183,13	4,63	17,277	1.469,94
0,010	40	175,88	4,96	18,332	1.604,94
0,010	80	213,50	4,99	17,790	1.886,31
0,010	120	179,56	4,51	17,752	1.434,44
0,138	0	143,52	4,61	16,651	1.087,85
0,138	40	162,56	4,77	18,011	1.401,44
0,138	80	225,19	4,61	17,850	1.880,31
0,138	120	198,75	4,14	17,666	1.446,69
0,240	0	145,90	4,75	16,738	1.172,29
0,240	40	211,56	4,32	17,563	1.574,94
0,240	80	170,50	4,48	19,196	1.442,00
0,240	120	209,88	4,50	18,072	1.719,17
0,535	0	173,56	3,76	16,942	1.035,06
0,535	40	175,50	4,25	18,180	1.348,50
0,535	80	180,81	4,95	17,888	1.602,19
0,535	120	196,63	4,72	17,619	1.619,75
Média		184,15	4,56	17,72	1.482,86
CV (%)		23,63	11,59	5,04	26,19

Quadro 2A - Produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes, devido ao conteúdo de molibdênio nas sementes e às doses de Mo aplicadas via foliar (experimento II)

Conteúdo Mo ($\mu\text{g} \cdot \text{semente}^{-1}$)	Mo ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Nº de Vagens/ m^2	Nº de Sementes/ Vagem	Peso de 100 Sementes (g)	Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
0,000	0	109,13	3,746	16,589	680,69
0,000	40	154,00	3,344	18,394	948,94
0,000	80	154,63	3,496	18,716	1.010,69
0,000	120	180,31	3,447	18,368	1.153,81
0,062	0	148,13	3,317	15,491	849,38
0,062	40	157,06	3,393	18,348	989,38
0,062	80	176,50	3,556	18,105	1.129,00
0,062	120	172,63	3,265	17,962	1.010,06
0,168	0	160,00	3,299	15,909	925,88
0,168	40	188,69	3,107	17,862	1.051,56
0,168	80	182,31	3,230	18,091	1.071,19
0,168	120	181,94	3,493	17,361	1.134,19
0,335	0	163,94	3,662	17,327	1.008,50
0,335	40	160,75	3,378	18,015	996,63
0,335	80	162,38	3,928	16,861	1.146,00
0,335	120	152,19	3,692	19,621	997,88
Média		162,80	3,46	17,689	1.006,50
CV (%)		19,16	7,54	6,70	20,46

Quadro 3A - Conteúdo de molibdênio nas sementes colhidas e teores nas folhas e sementes de feijão, devido ao conteúdo de molibdênio nas sementes e às doses de Mo aplicadas via foliar (experimento I)

Conteúdo ($\mu\text{g}\cdot\text{sem}^{-1}$)	Dose ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Conteúdo nas Sementes ($\mu\text{g}\cdot\text{sem}^{-1}$)	Teor na Folha ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Teor na Semente ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0,010	0	0,000	0,168	0,000
0,010	40	0,055	0,753	0,298
0,010	80	0,124	1,520	0,706
0,010	120	0,233	1,553	1,303
0,138	0	0,000	0,134	0,000
0,138	40	0,049	0,807	0,274
0,138	80	0,163	1,752	0,908
0,138	120	0,258	1,831	1,452
0,240	0	0,000	0,148	0,000
0,240	40	0,054	0,782	0,313
0,240	80	0,160	1,604	0,857
0,240	120	0,257	1,757	1,410
0,535	0	0,000	0,109	0,000
0,535	40	0,059	0,812	0,332
0,535	80	0,197	1,344	1,091
0,535	120	0,313	1,906	1,774
Média		0,120	1,061	0,670
CV (%)		51,83	18,40	52,33

Quadro 4A - Conteúdo de molibdênio nas sementes colhidas e teores nas folhas e sementes de feijão, devido ao conteúdo de molibdênio nas sementes e às doses de Mo aplicadas via foliar (experimento II)

Conteúdo ($\mu\text{g}\cdot\text{sem}^{-1}$)	Dose ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Conteúdo nas Sementes ($\mu\text{g}\cdot\text{sem}^{-1}$)	Teor na Folha ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Teor na Semente ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0,000	0	0,015	0,053	0,089
0,000	40	0,600	2,816	3,249
0,000	80	0,686	2,406	3,750
0,000	120	0,904	5,277	4,911
0,062	0	0,014	0,102	0,082
0,062	40	0,527	2,057	2,906
0,062	80	0,842	2,918	4,615
0,062	120	1,092	3,545	6,034
0,168	0	0,027	0,154	0,162
0,168	40	0,530	1,652	2,817
0,168	80	0,656	2,320	3,346
0,168	120	1,019	2,592	5,416
0,335	0	0,030	0,129	0,176
0,335	40	0,577	1,125	3,099
0,335	80	0,669	1,665	3,628
0,335	120	0,953	3,090	5,079
Média		0,571	1,994	3,085
CV (%)		21,74	65,06	20,46

Quadro 5A - Teores de N orgânico e NO_3^- na matéria seca de folhas, teores de N orgânico e proteína nas sementes de feijão e rendimento de proteína, no experimento I

Conteúdo ($\mu\text{g.sem}^{-1}$)	Dose (g.ha^{-1})	N Orgân. nas Folhas (dag.kg^{-1})	NO_3^- nas Folhas (dag.kg^{-1})	N Orgân. nas Sementes (dag.kg^{-1})	Proteína nas Sementes (dag.kg^{-1})	Rendim. de Proteína (kg.ha^{-1})
0,010	0	2,962	0,005	3,395	21,187	309,50
0,010	40	2,886	0,005	3,554	22,177	360,15
0,010	80	3,104	0,000	3,568	22,263	420,92
0,010	120	3,138	0,001	3,723	23,230	331,74
0,138	0	2,623	0,000	3,055	19,063	210,79
0,138	40	3,074	0,003	3,493	21,795	309,77
0,138	80	2,934	0,000	3,682	22,979	435,45
0,138	120	3,058	0,001	3,653	22,792	331,51
0,240	0	2,326	0,000	3,028	18,896	224,74
0,240	40	3,122	0,000	3,610	22,526	363,11
0,240	80	2,921	0,001	3,585	22,368	325,51
0,240	120	2,817	0,001	3,430	21,405	368,34
0,535	0	2,671	0,001	3,383	21,111	224,18
0,535	40	2,829	0,000	3,666	22,873	311,98
0,535	80	3,234	0,001	3,837	23,940	386,09
0,535	120	2,832	0,000	3,524	21,990	355,12
Média		2,908	0,0012	3,512	21,912	329,31
CV (%)		11,75	322,43	7,04	7,01	29,43

Quadro 6A - Teores de N orgânico e NO_3^- na matéria seca de folhas, teores de N orgânico e proteína nas sementes de feijão e rendimento de proteína, no experimento II

Conteúdo ($\mu\text{g.sem}^{-1}$)	Dose (g.ha^{-1})	N Orgân. nas Folhas (dag.kg^{-1})	NO_3^- nas Folhas (dag.kg^{-1})	N Orgân. nas Sementes (dag.kg^{-1})	Proteína nas Sementes (dag.kg^{-1})	Rendim. de Proteína (kg.ha^{-1})
0,000	0	2,177	0,010	3,167	19,763	133,89
0,000	40	3,205	0,001	3,767	23,505	222,67
0,000	80	3,275	0,005	3,515	21,932	220,93
0,000	120	3,122	0,002	3,585	22,368	258,69
0,062	0	2,530	0,000	3,137	19,574	173,93
0,062	40	3,253	0,001	3,446	21,503	212,00
0,062	80	3,430	0,002	3,670	22,899	260,79
0,062	120	2,920	0,000	3,730	23,273	234,80
0,168	0	2,389	0,000	3,259	20,338	188,03
0,168	40	3,230	0,001	3,800	23,710	248,91
0,168	80	3,396	0,006	3,670	22,899	245,26
0,168	120	3,155	0,001	3,687	23,004	261,16
0,335	0	2,461	0,000	3,314	20,678	208,13
0,335	40	3,187	0,000	3,782	23,599	234,72
0,335	80	3,325	0,000	3,744	23,361	268,11
0,335	120	3,108	0,000	3,672	22,916	228,03
Média		3,010	0,0017	3,559	22,208	225,00
CV (%)		8,98	362,10	5,91	5,91	22,82

Quadro 7A - Teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de folhas do feijoeiro, no experimento I

Conteúdo ($\mu\text{g}\cdot\text{sem}^{-1}$)	Dose ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)	K ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$)	P ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$)	S ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Ca ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Mg ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0,010	0	5,093	0,789	0,249	3,174	0,564
0,010	40	4,571	0,773	0,210	2,510	0,474
0,010	80	4,980	0,781	0,234	2,585	0,473
0,010	120	4,939	0,768	0,335	2,728	0,516
0,138	0	4,110	0,690	0,203	2,709	0,459
0,138	40	4,478	0,757	0,221	2,654	0,368
0,138	80	4,509	0,801	0,228	2,630	0,356
0,138	120	4,816	0,811	0,225	2,664	0,336
0,240	0	3,772	0,686	0,186	2,552	0,299
0,240	40	4,304	0,596	0,238	2,295	0,298
0,240	80	2,496	0,198	0,123	1,274	0,162
0,240	120	2,589	0,203	0,119	1,355	0,200
0,535	0	2,402	0,196	0,125	1,393	0,186
0,535	40	2,293	0,167	0,109	1,249	0,148
0,535	80	3,057	0,218	0,127	1,453	0,247
0,535	120	2,293	0,173	0,105	1,383	0,167
Média		3,794	0,538	0,190	2,163	0,328
CV (%)		14,74	21,32	34,23	15,00	21,17

Quadro 8A - Teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de folhas do feijoeiro, no experimento II

Conteúdo ($\mu\text{g.sem}^{-1}$)	Dose (g.ha^{-1})	K (dag.kg^{-1})	P (dag.kg^{-1})	S (dag.kg^{-1})	Ca (dag.kg^{-1})	Mg (dag.kg^{-1})
0,000	0	2,142	0,198	0,097	0,924	0,120
0,000	40	2,528	0,212	0,130	1,014	0,134
0,000	80	2,373	0,203	0,122	1,027	0,136
0,000	120	2,404	0,213	0,113	0,978	0,139
0,062	0	2,203	0,217	0,102	0,906	0,127
0,062	40	2,450	0,234	0,126	0,909	0,149
0,062	80	2,667	0,236	0,132	0,996	0,152
0,062	120	2,157	0,207	0,119	0,914	0,120
0,168	0	2,095	0,170	0,094	0,931	0,127
0,168	40	2,466	0,237	0,116	0,900	0,135
0,168	80	2,605	0,221	0,129	1,105	0,159
0,168	120	2,543	0,229	0,124	0,970	0,157
0,335	0	2,142	0,198	0,104	1,035	0,135
0,335	40	2,420	0,214	0,124	1,013	0,135
0,335	80	2,528	0,226	0,125	1,068	0,168
0,335	120	2,250	0,207	0,116	0,914	0,130
Média		2,373	0,213	0,117	0,975	0,139
CV (%)		10,25	12,04	10,58	11,40	15,82

Quadro 9A - Teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de sementes de feijão, no experimento I

Conteúdo ($\mu\text{g.sem}^{-1}$)	Dose (g.ha^{-1})	K (dag.kg^{-1})	P (dag.kg^{-1})	S (dag.kg^{-1})	Ca (dag.kg^{-1})	Mg (dag.kg^{-1})
0,010	0	2,039	0,529	0,122	0,111	0,137
0,010	40	1,992	0,491	0,113	0,097	0,131
0,010	80	1,992	0,470	0,111	0,106	0,135
0,010	120	2,008	0,507	0,112	0,093	0,131
0,138	0	1,960	0,497	0,119	0,143	0,138
0,138	40	2,023	0,495	0,118	0,109	0,133
0,138	80	2,023	0,487	0,106	0,087	0,130
0,138	120	1,992	0,479	0,109	0,109	0,134
0,240	0	2,055	0,504	0,126	0,128	0,134
0,240	40	1,992	0,471	0,109	0,095	0,130
0,240	80	2,023	0,493	0,113	0,097	0,128
0,240	120	1,976	0,455	0,110	0,101	0,128
0,535	0	2,008	0,518	0,117	0,120	0,141
0,535	40	2,023	0,479	0,116	0,103	0,131
0,535	80	2,008	0,488	0,113	0,076	0,128
0,535	120	1,992	0,474	0,109	0,092	0,131
Média		2,007	0,490	0,114	0,104	0,132
CV (%)		2,85	4,56	6,72	27,78	5,31

Quadro 10A - Teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de sementes de feijão, no experimento II

Conteúdo ($\mu\text{g.sem}^{-1}$)	Dose (g.ha^{-1})	K (dag.kg^{-1})	P (dag.kg^{-1})	S (dag.kg^{-1})	Ca (dag.kg^{-1})	Mg (dag.kg^{-1})
0,000	0	1,882	0,555	0,121	0,144	0,180
0,000	40	1,728	0,496	0,104	0,125	0,190
0,000	80	1,759	0,498	0,105	0,103	0,179
0,000	120	1,728	0,478	0,103	0,116	0,179
0,062	0	1,851	0,533	0,116	0,152	0,192
0,062	40	1,728	0,540	0,108	0,113	0,182
0,062	80	1,713	0,509	0,105	0,125	0,187
0,062	120	1,728	0,461	0,103	0,145	0,198
0,168	0	1,805	0,540	0,117	0,135	0,192
0,168	40	1,728	0,500	0,103	0,100	0,188
0,168	80	1,744	0,500	0,103	0,116	0,183
0,168	120	1,744	0,515	0,113	0,128	0,199
0,335	0	1,774	0,499	0,113	0,187	0,192
0,335	40	1,744	0,517	0,107	0,122	0,194
0,335	80	1,713	0,505	0,106	0,128	0,190
0,335	120	1,713	0,473	0,105	0,116	0,181
Média		1,755	0,507	0,108	0,128	0,188
CV (%)		4,94	7,09	5,72	24,82	7,85

Quadro 11A - Análise de variância dos dados observados de percentagem de germinação e testes de vigor (teste-padrão de germinação - 1ª contagem, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado) das sementes do experimento I

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		Germinação	TPG - 1ª Cont.	Cond. Elét.	Env. Aceler.
Cont. Mo	3	4,6667 ^{ns}	4,6667 ^{ns}	601,511 **	4,25 ^{ns}
R. linear	1	3,200 ^{ns}	3,200 ^{ns}	1125,86**	0,45 ^{ns}
R. quadr.	1	1,000 ^{ns}	1,000 ^{ns}	369,19**	12,25 ^{ns}
Desvio R.	1	9,80 ^{ns}	9,80 ^{ns}	309,48**	0,05 ^{ns}
Repetição	3	11,333 ^{ns}	11,333 ^{ns}	24,90 ^{ns}	30,917 ^{ns}
Resíduo	9	12,000	12,000	17,77	13,806
CV (%)		3,83	3,83	4,74	4,16

ns e ** não-significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 12A - Análise de variância dos dados observados de percentagem de germinação e testes de vigor (teste-padrão de germinação - 1ª contagem, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado) das sementes do experimento II

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		Germinação	TPG - 1ª Cont.	Cond. Elét.	Env. Aceler.
Cont. Mo	3	14,25 ^{ns}	2,917 ^{ns}	9,007 ^{ns}	4,917 ^{ns}
R. linear	1	8,45 ^{ns}	6,05 ^{ns}	20,073 ^{ns}	8,45 ^{ns}
R. quadr.	1	30,25 ^{ns}	2,25 ^{ns}	3,214 ^{ns}	6,25 ^{ns}
Desvio R.	1	4,05 ^{ns}	0,45 ^{ns}	3,734 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Repetição	3	0,917 ^{ns}	12,917 ^{ns}	1,954 ^{ns}	4,917 ^{ns}
Resíduo	9	14,69	11,583	8,781	2,472
CV (%)		3,98	3,67	4,66	1,60

ns não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 13A - Análise de variância dos dados observados de número de vagens por área, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e produtividade, no experimento I

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		Vagens/m ²	Sem/ Vagem	100 Sement.	Produtiv.
Cont. Mo	3	128,6268 ^{ns}	0,369 ^{ns}	0,368 ^{ns}	111.832,2 ^{ns}
R. linear	1	229,3278 ^{ns}	0,835 ^{ns}	0,028 ^{ns}	243.657,4 ^{ns}
R. quadr.	1	47,4932 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,024 ^{ns}	44.838,3 ^{ns}
Dose Mo	3	4496,12 ^{ns}	0,336 ^{ns}	5,204 ^{**}	738.949,9 ^{**}
R. linear	1	1.1549,75 [*]	0,064 ^{ns}	6,207 ^{**}	1.375.874 ^{**}
R. quadr.	1	1.788,52 ^{ns}	0,736 ^{ns}	9,279 ^{**}	770.394,5 [*]
Cont. x Dose	9	2.183,94 ^{ns}	0,486 ^{ns}	0,797 ^{ns}	123.572,8 ^{ns}
CL x DL	1	12,48 ^{ns}	2,315 ^{**}	0,019 ^{ns}	260.435,5 ^{ns}
CQ x DL	1	3.162,6 ^{ns}	0,779 ^{ns}	2,290 ^{ns}	80.200,3 ^{ns}
CL x DQ	1	1.323,27 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,056 ^{ns}	77.299,5 ^{ns}
CQ x DQ	1	406,55 ^{ns}	0,704 ^{ns}	0,295 ^{ns}	20.457,8 ^{ns}
Desvio	7	2.144,25 ^{ns}	0,119 ^{ns}	0,810 ^{ns}	113.049,2 ^{ns}
Repetição	3	4.810,97 ^{ns}	1,154 [*]	1,906 ^{ns}	215.147,1 ^{ns}
Resíduo	45	1.894,26	0,279	0,799	150.800,9
CV (%)		23,63	11,59	5,04	26,19

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 14A - Análise de variância dos dados observados de número de vagens por área, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e produtividade, no experimento II

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		Vagens/m ²	Sem/Vagem	100 sement.	Produtiv.
Cont. Mo	3	2.262,53 ^{ns}	0,436**	0,000198 ^{ns}	31.935,7 ^{ns}
R. linear	1	674,5 ^{ns}	0,292**	0,0000036 ^{ns}	64.707,9 ^{ns}
R. quadr.	1	6.072,11 *	1,009**	0,000577*	31.049,6 ^{ns}
Dose Mo	3	2.293,37 ^{ns}	0,186 ^{ns}	0,00135**	166.419,1*
R. linear	1	5.542,37 *	0,0183 ^{ns}	0,00268**	410.376,0**
R. quadr.	1	1.158,13 ^{ns}	0,0598 ^{ns}	0,000831*	84.972,1 ^{ns}
Cont. x Dose	9	884,81 ^{ns}	0,1009 ^{ns}	0,002319 ^{ns}	31.589,3 ^{ns}
CL x DL	1	5.613,59 *	0,1899 ^{ns}	0,0000057 ^{ns}	148.028,2 ^{ns}
CQ x DL	1	283,79 ^{ns}	0,0842 ^{ns}	0,0000047 ^{ns}	11.201,8 ^{ns}
CL x DQ	1	39,30 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,001174**	1.588,3 ^{ns}
CQ x DQ	1	113,17 ^{ns}	0,00187 ^{ns}	0,000504 ^{ns}	455,44 ^{ns}
Desvio	7	304,86 ^{ns}	0,160 ^{ns}	0,000135 ^{ns}	18.141,2 ^{ns}
Repetição	3	2.766,61 *	0,6252**	0,00136**	416.701,0**
Resíduo	45	972,337	0,06804	0,00014027	42.400,3
CV (%)		19,16	7,54	6,70	20,46

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 15A - Análise de variância dos dados observados de conteúdo de molibdênio nas sementes colhidas e teores de Mo nas folhas e sementes de feijão, no experimento I

F.V.	G.L.	Quadrados Médios		
		Teor na Folha	Teor na Semente	Conteúdo nas Sementes
Cont. Mo	3	0,04954 ^{ns}	0,1390 ^{ns}	0,00425 ^{ns}
R. linear	1	0,00038 ^{ns}	0,3930 ^{ns}	0,01200 ^{ns}
R. quadr.	1	0,08646 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
Dose Mo	3	8,74320**	6,9070**	0,221**
R. linear	1	25,3795**	20,325**	0,651**
R. quadr.	1	0,78170**	0,3360 ^{ns}	0,0098 ^{ns}
Cont. x Dose	9	0,05456 ^{ns}	0,0427 ^{ns}	0,00132 ^{ns}
CL x DL	1	0,05725 ^{ns}	0,3050 ^{ns}	0,0093 ^{ns}
CQ x DL	1	0,04163 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
CL x DQ	1	0,11138 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
CQ x DQ	1	0,01290 ^{ns}	0,0046 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
Desvio	7	0,09965 ^{ns}	0,0220 ^{ns}	0,00000 ^{ns}
Repetição	3	0,01523 ^{ns}	0,5984**	0,02101**
Resíduo	45	0,03815	0,12290	0,003880
CV (%)		18,40	52,33	51,83

ns e ** não-significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 16A - Análise de variância dos dados observados de conteúdo de molibdênio nas sementes colhidas e teores de Mo nas folhas e sementes de feijão, no experimento II

F.V.	G.L.	Quadrados Médios		
		Teor na Folha	Teor na Semente	Conteúdo nas Sementes
Cont. Mo	3	4,168 ^{ns}	0,7618 ^{ns}	0,0161 ^{ns}
R. linear	1	10,677*	0,3038 ^{ns}	0,00407 ^{ns}
R. quadr.	1	1,814 ^{ns}	0,02666 ^{ns}	0,00441 ^{ns}
Dose Mo	3	33,78**	77,288**	2,666**
R. linear	1	96,185 ^{ns}	218,217**	7,528**
R. quadr.	1	1,016 ^{ns}	7,453*	0,2669**
Cont. x Dose	9	1,46 ^{ns}	0,526 ^{ns}	0,0154 ^{ns}
CL x DL	1	3,122 ^{ns}	0,2364 ^{ns}	0,00335 ^{ns}
CQ x DL	1	2,822 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,0279 ^{ns}
CL x DQ	1	0,304 ^{ns}	0,134 ^{ns}	0,00504 ^{ns}
CQ x DQ	1	1,926 ^{ns}	0,858 ^{ns}	0,02044 ^{ns}
Desvio	7	1,302 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,3252 ^{ns}
Repetição	3	4,545 ^{ns}	2,922**	0,09796**
Resíduo	45	1,683	0,3982	0,01543
CV (%)		65,06	20,46	21,74

ns e ** não-significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 17A - Análise de variância dos dados observados de teores de N orgânico na matéria seca de folhas, teores de N orgânico e proteína nas sementes de feijão e rendimento de proteína, no experimento I

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		N Orgânico Foliar	N Orgânico Semente	Proteína Semente	Rendim. Proteína
Cont. Mo	3	0,139 ^{ns}	0,124 ^{ns}	4,551 ^{ns}	4.925,60 ^{ns}
R. linear	1	0,113 ^{ns}	0,0351 ^{ns}	1,630 ^{ns}	7.215,36 ^{ns}
R. quadr.	1	0,270 ^{ns}	0,329*	11,808*	6.527,06 ^{ns}
Dose Mo	3	0,513**	0,663**	25,324**	63.196,53**
R. linear	1	0,829*	1,157**	43,990**	108.851,80**
R. quadr.	1	0,702*	0,887**	31,638**	77.577,89**
Cont. x Dose	9	0,136 ^{ns}	0,0567 ^{ns}	2,542 ^{ns}	5.870,49 ^{ns}
CL x DL	1	0,0001 ^{ns}	0,0731 ^{ns}	2,338 ^{ns}	6.970,88 ^{ns}
CQ x DL	1	0,035 ^{ns}	0,0524 ^{ns}	2,544 ^{ns}	5.258,66 ^{ns}
CL x DQ	1	0,199 ^{ns}	0,102 ^{ns}	5,355 ^{ns}	1.070,94 ^{ns}
CQ x DQ	1	0,300 ^{ns}	0,129 ^{ns}	6,390 ^{ns}	2,84 ^{ns}
Desvio	7	0,728 ^{ns}	0,0229 ^{ns}	1,876 ^{ns}	6.246,50 ^{ns}
Repetição	3	0,288 ^{ns}	0,2468*	9,733*	19.007,33 ^{ns}
Resíduo	45	0,1169	0,0611	2,3617	9.390,28
CV (%)		11,75	7,04	7,01	29,43

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 18A - Análise de variância dos dados observados de teores de N orgânico na matéria seca de folhas, teores de N orgânico e proteína nas sementes de feijão e rendimento de proteína, no experimento II

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		N Orgânico Foliar	N Orgânico Semente	Proteína Semente	Rendim. Proteína
Cont. Mo	3	0,03182 ^{ns}	0,07124 ^{ns}	2,774 ^{ns}	2.605,17 ^{ns}
R. linear	1	0,02612 ^{ns}	0,1775 ^{ns}	6,9096 ^{ns}	5.713,09 ^{ns}
R. quadr.	1	0,05489 ^{ns}	0,00531 ^{ns}	0,207 ^{ns}	2.070,52 ^{ns}
Dose Mo	3	2,9516**	0,8268**	32,194**	18.212,23**
R. linear	1	3,8676**	1,348**	52,486**	41.666,24**
R. quadr.	1	4,927**	0,848**	33,013**	12.853,54*
Cont. x Dose	9	0,04307 ^{ns}	0,0406 ^{ns}	1,579 ^{ns}	1.734,57 ^{ns}
CL x DL	1	0,00708 ^{ns}	0,0144 ^{ns}	0,5588 ^{ns}	6.901,14 ^{ns}
CQ x DL	1	0,0197 ^{ns}	0,0184 ^{ns}	0,715 ^{ns}	189,16 ^{ns}
CL x DQ	1	0,0433 ^{ns}	0,00889 ^{ns}	0,346 ^{ns}	52,36 ^{ns}
CQ x DQ	1	0,00119 ^{ns}	0,00443 ^{ns}	0,173 ^{ns}	60,60 ^{ns}
Desvio	7	0,056 ^{ns}	0,0906 ^{ns}	3,529 ^{ns}	1.222,39 ^{ns}
Repetição	3	0,401**	0,0581 ^{ns}	2,2625 ^{ns}	17.578,57**
Resíduo	45	0,073	0,04426	1,7233	2.635,70
CV (%)		8,98	5,91	5,91	22,82

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 19A - Análise de variância dos dados observados de teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de folhas e sementes do feijoeiro, no experimento I

F.V.	G.L.	K (folha)	P (folha)	S (folha)	Ca (folha)	Mg (folha)	K (semente)	P (semente)	S (semente)	Ca (semente)	Mg (semente)
Cont. Mo	3	18,45**	1,291**	0,0584**	6,877**	0,326**	0,000534 ^{ns}	0,00093 ^{ns}	1,4x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,0006 ^{ns}	4,2x10 ⁻⁵
R. linear	1	51,107**	3,453**	0,169**	18,675**	0,806**	0,000002 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	2,6x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,00047 ^{ns}	3,0x10 ⁻⁶
R. quadr.	1	1,518*	0,0092 ^{ns}	0,00665 ^{ns}	0,187 ^{ns}	0,153**	0,000046 ^{ns}	0,0003**	4,3x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,00079 ^{ns}	5,1x10 ⁻⁵
Dose Mo	3	0,1927 ^{ns}	0,04*	0,00093 ^{ns}	0,695**	0,0168	0,00612 ^{ns}	0,0036**	4,0x10 ⁻⁴ **	0,00351*	1,7x10 ⁻⁴
R. linear	1	0,396 ^{ns}	0,113**	0,00000 ^{ns}	1,683**	0,041	0,003277 ^{ns}	0,0073**	1,1x10 ⁻³ **	0,0065**	3,3x10 ⁻⁴
R. quadr.	1	0,115 ^{ns}	0,00009 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,404 ^{ns}	0,0094	0,000865 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	1,3x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,00435*	1,9x10 ⁻⁴
Cont. x Dose	9	1,35**	0,0792**	0,00818 ^{ns}	0,451**	0,0093	0,0258 ^{ns}	0,00076 ^{ns}	6,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00034 ^{ns}	1,9x10 ⁻⁵
CL x DL	1	0,0154 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0101 ^{ns}	0,118 ^{ns}	0,0076	0,000181 ^{ns}	0,00038 ^{ns}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00018 ^{ns}	3,0x10 ⁻⁵
CQ x DL	1	1,707*	0,211**	0,02308*	1,102**	0,0219	0,000189 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	3,4x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00009 ^{ns}	3,6x10 ⁻⁷
CL x DQ	1	0,597 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,00569 ^{ns}	0,157 ^{ns}	0,149	0,00095 ^{ns}	0,00017 ^{ns}	5,3x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00011 ^{ns}	4,4x10 ⁻⁵
CQ x DQ	1	0,124 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,0146 ^{ns}	0,0621 ^{ns}	0,00019	0,00155 ^{ns}	0,00252*	3,3x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00073 ^{ns}	1,7x10 ⁻⁷
Desvio	7	1,787*	0,9146**	0,00319 ^{ns}	0,6272*	0,00847	0,00378 ^{ns}	0,00084 ^{ns}	6,4x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00036 ^{ns}	2,5x10 ⁻⁵
Repetição	3	0,822 ^{ns}	0,0207 ^{ns}	0,00443 ^{ns}	0,0627 ^{ns}	0,0183*	0,00673 ^{ns}	0,00666**	9,8x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,00021 ^{ns}	4,4x10 ⁻⁵
Resíduo	45	0,3096	0,01296	0,004189	0,10466	0,00476	0,003271	0,00050	5,9x10 ⁻⁵	0,00084	5,0x10 ⁻⁵
CV (%)		14,74	21,32	34,23	15,00	21,17	2,85	4,56	6,72	27,78	5,31

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 20A - Análise de variância dos dados observados de teores dos nutrientes potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio na matéria seca de folhas e sementes do feijoeiro, no experimento II

F.V.	G.L.	K (folha)	P (folha)	S (folha)	Ca (folha)	Mg (folha)	K (semente)	P (semente)	S (semente)	Ca (semente)	Mg (semente)
Cont. Mo	3	0,0243 ^{ns}	8,1x10 ⁻⁴ ^{ns}	5,4x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,0166 ^{ns}	0,00047 ^{ns}	0,00396 ^{ns}	0,00069 ^{ns}	5,3x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,00024 ^{ns}
R. linear	1	0,00416 ^{ns}	9,2x10 ⁻⁶ ^{ns}	2,9x10 ⁻⁸ ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,00081 ^{ns}	0,0103 ^{ns}	0,00072 ^{ns}	2,1x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,00124 ^{ns}	0,00026 ^{ns}
R. quadr.	1	0,0569 ^{ns}	8,7x10 ⁻⁴ ^{ns}	4,0x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,01141 ^{ns}	0,00056 ^{ns}	9,9x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00134 ^{ns}	6,4x10 ⁻⁶ ^{ns}	0,00051 ^{ns}	0,00034 ^{ns}
Dose Mo	3	0,483**	2,7x10 ⁻³ *	2,5x10 ⁻³ **	0,0394*	0,00196*	0,0381**	0,007**	5,1x10 ⁻⁴ **	0,0052**	7,8x10 ⁻⁵ ^{ns}
R. linear	1	0,3449*	2,3x10 ⁻³ ^{ns}	2,7x10 ⁻³ **	0,0046 ^{ns}	0,00153 ^{ns}	0,0722**	0,0205**	8,6x10 ⁻⁴ **	0,0054*	8,6x10 ⁻⁶ ^{ns}
R. quadr.	1	1,1036**	5,2x10 ⁻³ **	4,6x10 ⁻³ **	0,0531*	0,00324*	0,0342*	2,7x10 ⁻⁵ ^{ns}	6,2x10 ⁻⁴ **	0,0092**	0,00012 ^{ns}
Cont. x Dose	9	0,0574 ^{ns}	8,4x10 ⁻⁴ ^{ns}	1,1x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,0089 ^{ns}	0,00054 ^{ns}	0,00274 ^{ns}	0,00181 ^{ns}	6,1x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00086 ^{ns}	0,00019 ^{ns}
CL x DL	1	0,00241 ^{ns}	2,6x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0221 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,00632 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	1,1x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,00012 ^{ns}
CQ x DL	1	0,00662 ^{ns}	1,1x10 ⁻³ ^{ns}	5,2x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,0163 ^{ns}	0,00034 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,00055 ^{ns}	1,0x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
CL x DQ	1	0,0013 ^{ns}	2,4x10 ⁻⁴ ^{ns}	9,7x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00006 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	0,0064 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,0001 ^{ns}	7,6x10 ⁻⁵ ^{ns}
CQ x DQ	1	0,00351 ^{ns}	1,3x10 ⁻³ ^{ns}	5,1x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00111 ^{ns}	2,1x10 ⁻⁶ ^{ns}	4,6x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,0007 ^{ns}	7,5x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,00084 ^{ns}
Desvio	7	0,0652 ^{ns}	9,7x10 ⁻⁴ ^{ns}	8,1x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,0176 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0188*	0,00152 ^{ns}	4,6x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00076 ^{ns}	7,8x10 ⁻⁵ ^{ns}
Repetição	3	0,0186 ^{ns}	4,9x10 ⁻³ **	2,6x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,01704 ^{ns}	0,00143*	0,02136*	0,00187 ^{ns}	1,9x10 ⁻⁵ **	0,00078 ^{ns}	0,00019 ^{ns}
Resíduo	45	0,0592	6,6x10 ⁻⁴	1,5x10 ⁻⁴ ^{ns}	0,01238	0,00048	0,00752	0,0013	3,8x10 ⁻⁵ ^{ns}	0,00102	0,00022
CV(%)		10,25	12,04	10,58	11,40	15,82	4,94	7,09	5,72	24,82	7,85

ns, ** e * não-significativo a 5% e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.