

PAULO ROBERTO DE ANDRADE ARAÚJO

COMBINAÇÕES DE DOSES DE NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO NA
ADUBAÇÃO DA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
OUTUBRO – 2000

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A633c
2000

Araújo, Paulo Roberto de Andrade, 1954-
Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na
adubação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) /
Paulo Roberto de Araújo. – Viçosa : UFV, 2000.
56p. : il.

Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Vi-
çosa

1. Feijão – Adubação nitrogenada. 2. Feijão – Adubação
molíbdica. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

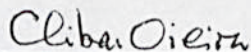
CDD 19. ed. 635.652894

CDD 20. ed. 635.652894

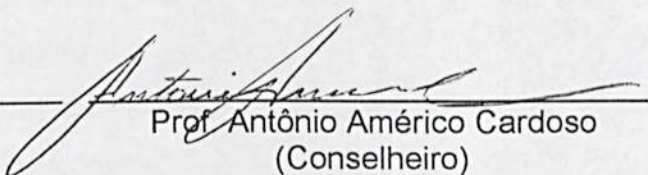
COMBINAÇÕES DE DOSES DE NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO NA
ADUBAÇÃO DA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

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

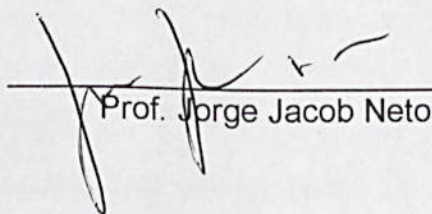
APROVADA: 5 de julho de 2000.



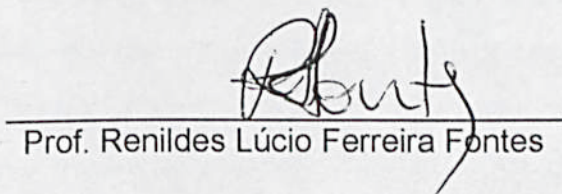
Prof. Clibas Vieira
(Conselheiro)



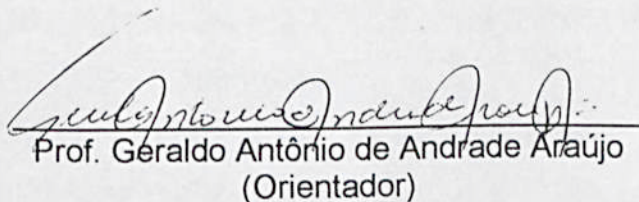
Prof. Antônio Américo Cardoso
(Conselheiro)



Prof. Jorge Jacob Neto



Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes



Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo
(Orientador)

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o Programa.

À minha esposa Evelyn.
Aos meus filhos Paula, Júlia e Pedro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio e pela liberdade para trabalhar e estudar.

Ao Professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pelo incentivo, pelo apoio, pela paciência e pelos exemplos de equilíbrio e cidadania profissionais.

Ao Professor Cíbas Vieira, pelas sugestões, pela crítica e pelo exemplo de seriedade.

Ao Professor Antônio Américo Cardoso, pela paciência, pela crítica e pelas sugestões nas análises estatísticas.

Aos professores e amigos do Departamento de Fitotecnia, pelo conhecimento e pelo agradável convívio.

Aos meus pais José Lopes Valente Filho (em memória), pelo exemplo de dedicação e sabedoria, e minha mãe Ivete de Silva Araújo, exemplo de amor e de meus irmãos, pelo convívio e pelos exemplos e, em especial e

com abnegação, ao meu irmão Geraldo, pelo apoio, pelo trabalho e pela competência.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia José Jota, Domingos Sávio, Inara, Cássia e outros, que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o Programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio e pela liberdade para trabalhar e estudar.

Ao Professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela orientação, pelo apoio, pela paciência e pelos exemplos de equilíbrio e capacidade profissionais.

Ao Professor Clibas Vieira, pelas sugestões, pelas críticas e pelo exemplo de capacidade.

Ao Professor Antônio Américo Cardoso, pela paciência, pela crítica e pelas sugestões nas análises estatísticas.

Aos professores e amigos do Departamento de Fitotecnia, pelos ensinamentos e pelo agradável convívio.

Ao meu pai José Lopes Valente Filho (*in memoriam*), pelo exemplo de honestidade e sabedoria; à minha mãe Ines da Silva Araújo, exemplo de lutadora; e aos meus irmãos, pelo convívio e pelos exemplos e, em especial e

com admiração, ao meu irmão Geraldo, pelo apoio, pelo trabalho e pela competência.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia José Jota, Domingos Sávio, Mara, Cássia e outros, que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA

Paulo Roberto de Andrade Araújo, filho de José Lopes Valente Filho e de Iracema da Silva Araújo, nasceu em Coimbra, MG, aos nove dias do mês de julho de 1954.

Em 1973, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

De agosto de 1979 a dezembro de 1988, trabalhou na Ramarati S/A Agropecuária como pesquisador.

De janeiro de 1990 a julho de 1997, trabalhou como autônomo, prestando serviços a vários empresários do setor agrícola.

Em agosto de 1997, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV.

Em agosto de 1998, através de concurso público, ingressou na EPAMIG, assumindo o cargo de gerente da Fazenda Experimental Vale do Piranga, em Ponte Nova, MG.

BIOGRAFIA

Paulo Roberto de Andrade Araújo, filho de José Lopes Valente Filho e de Ines da Silva Araújo, nasceu em Coimbra, MG, aos nove dias do mês de julho de 1954.

Em 1979, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

De agosto de 1979 a dezembro de 1989, trabalhou na Itamarati S/A Agropecuária como pesquisador.

De janeiro de 1990 a julho de 1997, trabalhou como autônomo, prestando serviços a vários empresários do setor agrícola.

Em agosto de 1997, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV.

Em agosto de 1998, através de concurso público, ingressou na EPAMIG, assumindo o cargo de gerente da Fazenda Experimental Vale do Piranga, em Ponte Nova, MG.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Nitrogênio	3
2.2. Molibdênio	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Número de vagens/planta (VAGPL)	19
4.2. Número de sementes/vagem (SEMVAG)	21
4.3. Peso de 100 sementes (P100SEM)	22
4.4. Produtividade de grãos (PROD)	25
4.5. Conteúdo de Mo na semente (CONTMGS)	27
4.6. Teor de clorofila (CLOROF)	29
4.7. Teor de nitrogênio total nas folhas (NTF)	31
5. RESUMO E CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE	45

EXTRATO

ARAÚJO, Paulo Roberto de Andrade, M. S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2000 **Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na adubação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Conselheiros: Clibas Vieira e Antônio Américo Cardoso.

Foram conduzidos dois experimentos em Coimbra, MG, um no verão-outono e outro na primavera-verão, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de molibdênio e nitrogênio sobre o feijoeiro, cv. Meia Noite. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, cujos tratamentos obedeceram a um esquema fatorial $4 \times 2 \times 2$, isto é, quatro níveis de molibdênio (0, 40, 80 e 120 g.ha^{-1} , aplicados em pulverização foliar aos 25 dias após a emergência das plantas, na forma de molibdato de amônio), duas doses de nitrogênio aplicadas no sulco de plantio (0 e 20 kg.ha^{-1}) e duas doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (0 e 50 kg.ha^{-1}). O nitrogênio em cobertura foi distribuído em duas aplicações, a primeira, com 30 kg.ha^{-1} , ocorreu aos 15 dias após a emergência; e a segunda, com 20 kg.ha^{-1} , aos 25 dias. O sulfato de amônio foi usado como fonte de nitrogênio. Todas as parcelas experimentais receberam 80 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg.ha^{-1} de K_2O . Observou-se o seguinte: a) o número de vagens por planta praticamente dobrou, com a aplicação de 80 g.ha^{-1} de Mo mais 20 kg.ha^{-1} de N

no plantio, ou a mesma dose de Mo mais 50 kg.ha^{-1} de N em cobertura; b) o molibdênio, isoladamente, proporcionou maiores aumentos do número de sementes/vagem, mas esse aumento, quando combinado com 20 kg.ha^{-1} de N no plantio ou com 50 kg.ha^{-1} de N em cobertura, foi um pouco maior; c) o peso de 100 sementes atingiu o máximo, com a aplicação de 20 kg.ha^{-1} de N no plantio mais 80 g.ha^{-1} de Mo; d) a produção de grãos foi máxima, com 80 g.ha^{-1} de Mo mais 20 kg.ha^{-1} de N no plantio; e) o nitrogênio nas folhas atingiu as maiores concentrações, com 104 g.ha^{-1} de Mo combinados com 50 kg.ha^{-1} de N em cobertura; f) o conteúdo de molibdênio na semente atingiu $0,74 \mu\text{g/semente}$, com 20 kg.ha^{-1} de N no plantio mais 120 g.ha^{-1} de Mo; e g) o teor de clorofila, medido aos oito dias após a aplicação do Mo e N em cobertura, com o medidor SPAD, cresceu com o aumento das doses do micronutriente. De acordo com os resultados, a adubação nitrogenada no sulco de plantio é imprescindível e, quando combinada com 80 g.ha^{-1} de molibdênio, possibilita a máxima produção de feijão.

ABSTRACT

ARAÚJO, Paulo Roberto de Andrade, M. S., Universidade Federal de Viçosa, October, 2000. **Combinations of nitrogen and molybdenum doses on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) fertilization.** Adviser: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Committee members: Clibas Vieira and Antônio Américo Cardoso.

Two experiments, one in the fall and the other in the spring/summer, were carried out in Coimbra, MG, to evaluate the effect of different doses of nitrogen and molybdenum on bean plants, cv. Meia Noite. The experimental design was randomized blocks, with four repetitions, with the treatments ordered in a factorial arrangement $4 \times 2 \times 2$, consisting of four levels of molybdenum (0, 40, 80 and 120 g.ha^{-1} , applied by foliar spraying at 25 days after plant emergence, in the form of ammonium molybdate), two doses of nitrogen applied in the planting furrow (0 and 20 kg.ha^{-1}) and two doses of nitrogen applied on the surface (0 and 50 kg.ha^{-1}). Nitrogen on the surface was distributed in two applications, the first, 30 kg.ha^{-1} , took place at 15 days after emergence; and the second, 20 kg.ha^{-1} , at 25 days. Ammonium sulphate was used as nitrogen source. All experimental plots were amended with 80 kg.ha^{-1} of P_2O_5 and 20 kg.ha^{-1} of K_2O . The following observations were made: a) the number of pods per plant was almost doubled with the application of 80 g.ha^{-1} of Mo plus 20 kg.ha^{-1} of N at planting, or the same dose of Mo plus 50 kg.ha^{-1} of

N on the surface; b) molybdenum, only, gave larger increases of number of seeds/pod, however, this increase when combined with 20 kg.ha⁻¹ of N at planting or with 50 kg.ha⁻¹ of N on the surface, was somewhat greater; c) maximum weight of 100 seeds was reached with the application of 20 kg.ha⁻¹ of N at planting plus 80 g.ha⁻¹ of Mo; d) grain yield was maximum with 80 g.ha⁻¹ of Mo plus 20 kg.ha⁻¹ of N at planting; e) foliar nitrogen reached the highest concentrations with 104 g.ha⁻¹ of Mo combined with 50 kg.ha⁻¹ of N on surface; f) molybdenum contents in the seeds reached 0.74 µg/seed with 20 kg.ha⁻¹ of N at planting plus 120 g.ha⁻¹ of Mo; and g) chlorophyll concentration, measured at 8 days after application of Mo and N on surface, with a SPAD meter, increased with the increase of the micronutrient doses. According to the results, nitrogen fertilization in the planting furrow is indispensable, and when combined with 80 g.ha⁻¹ of molybdenum, enables maximum bean yield.

Cerca de 32 a 63% do nitrogênio necessário ao feijão é proveniente do processo de fixação simbiótica (FBN); o restante, ou seja, 32 a 63%, é absorvido da solução do solo (RUSCHEL et al., 1992).

As fertilizações nitrogenadas devem fornecer o N em quantidade suficiente para suprir a demanda entre a necessidade da planta e a quantidade fornecida pelo solo e pela FBN. Porém, a predição das quantidades de N que o solo e a FBN podem fornecer à cultura é difícil.

No Brasil, o feijão é cultivado, na maioria das vezes, em condições de solos ácidos, em que a fixação biológica de N é deficiente. Nesse ambiente, um dos fatores que podem limitar o fornecimento de N para as plantas é a deficiência de molibdênio (FRANCO e DAY, 1960; FRANCO e MUNNS, 1961; (JACOB NETO e FRANCO, 1995). Este micronutriente é essencial para o crescimento vegetal, por participar como cofator de enzimas

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com área plantada de 4.915.223 ha e uma produção de 2.923.158 t de grãos, e também o maior consumidor dessa leguminosa (AGRIANUAL, 1999). A sua produtividade é considerada baixa ($594 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), se comparada com o potencial de $4.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ou mais que a cultura apresenta (DEL PELOSO, 1988; WHITE e IZQUIERDO, 1991). Por isso, o Brasil figura nas estatísticas também como maior importador desse produto (AGRIANUAL, 1999).

A baixa produtividade do feijão pode ser atribuída a diversos fatores, dentre os quais o uso de quantidades insuficientes de fertilizante nitrogenado é, sem dúvida, um dos mais importantes.

Entre os macronutrientes, o nitrogênio é o absorvido em maior quantidade pela cultura do feijão (GALLO e MIYASAKA, 1961), e seu acúmulo na planta acompanha o da matéria seca total (CABALLERO et al., 1985; GRANADOS et al., 1986/1987), sendo o principal constituinte de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila e outros.

Por ser uma leguminosa, o feijoeiro pode adquirir parte do nitrogênio necessário ao seu crescimento por meio de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam N_2 . Isso ocorre por meio da ação do complexo enzimático nitrogenase presente nos bacterióides dos nódulos.

Cerca de 37 a 68% do nitrogênio necessário ao feijoeiro é proveniente do processo de fixação simbiótica (FBN); o restante, ou seja, 32 a 63%, é absorvido da solução do solo (RUSCHEL et al., 1982).

As fertilizações nitrogenadas deveriam fornecer o N em quantidade suficiente para suprir a diferença entre a necessidade da planta e a quantidade fornecida pelo solo e pela FBN. Porém, a predição das quantidades de N que o solo e a FBN podem fornecer à cultura é difícil.

No Brasil, o feijão é cultivado, na maioria das vezes, em condições de solos ácidos, em que a fixação biológica de N é deficiente. Nesse ambiente, um dos fatores que podem contribuir para a redução do fornecimento de N para as plantas é a deficiência de molibdênio (FRANCO e DAY, 1980; FRANCO e MUNNS, 1981; JACOB NETO e FRANCO, 1986). Este micronutriente é essencial para o crescimento vegetal, por participar como co-fator de enzimas envolvidas em reações bioquímicas importantes no metabolismo do nitrogênio. Quando deficiente na planta, o metabolismo do nitrogênio pode ser seriamente afetado, por causa da participação do Mo como componente da nitrogenase, responsável pela fixação do nitrogênio atmosférico e da redutase do nitrato, que responde pela redução do nitrato a nitrito no processo de assimilação do nitrogênio.

Estudos realizados na Zona da Mata de Minas Gerais têm evidenciado acentuado aumento de produtividade do feijoeiro com aplicações de nitrogênio e de molibdênio. Entretanto, existem dúvidas sobre qual a melhor combinação de quantidades de N e Mo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar quais as melhores doses e o modo de aplicação do nitrogênio que, em combinação com diferentes doses de molibdênio, propiciariam as produções máximas de feijão.

Sabe-se que o nitrogênio pode vir de quatro fontes: do solo, principalmente da mineralização da matéria orgânica; dos fertilizantes minerais; da fração biológica de nitrogênio (FBN); e de chuva.

O feijoeiro, para produzir 2.000 kg ha^{-1} com uma população de $220.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, requer 102 kg ha^{-1} de N (COBRA NETTO et al., 1971), nas formas nitrato e amoniacal. A forma nitrato é a preferencial, pois estimula a absorção de cálcio, como Ca^{2+} e K^{+} , que, depois de N, são os nutrientes mais absorvidos pelo feijoeiro, enquanto a absorção de amônio pode restringir a absorção desses cationes, principalmente Ca^{2+} .

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nitrogênio

Os distúrbios fisiológicos que ocorrem nas plantas de feijão, em casos de deficiência de nitrogênio, são vários, pois esse nutriente é componente essencial de aminoácidos, enzimas e coenzimas, ácidos nucleicos, membranas, clorofilas etc.

O nitrogênio apresenta algumas particularidades em relação a outros macronutrientes: é extraído em maiores quantidades pelo feijoeiro (COBRA NETTO et al., 1971), é fixado do ar por bactérias do gênero *Rhizobium* e é móvel no solo, podendo perder-se por lixiviação. Sua recomendação nas adubações é feita com base em resultados experimentais e na cor amarelada das folhas, indicativo de deficiência.

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade durante o ciclo da cultura do feijão (GALLO e MIYASAKA, 1961), e seu acúmulo na planta acompanha o da matéria seca total (CABALLERO et al., 1985; GRANADOS et al., 1986/1987), sendo um dos elementos que, em Minas Gerais, provocou o maior número de respostas positivas na produção da cultura (VIEIRA, 1998; BRAGA, 1972; BOLSANELLO et al., 1975).

Sabe-se que o nitrogênio pode vir de quatro fontes: do solo, principalmente da mineralização da matéria orgânica; dos fertilizantes minerais; da fixação biológica de nitrogênio (FBN); e da chuva.

O feijoeiro, para produzir 2.000 kg.ha^{-1} com uma população de $220.000 \text{ pl.ha}^{-1}$, requer 102 kg.ha^{-1} de N (COBRA NETTO et al., 1971), nas formas nítrica e amoniacal. A forma aniônica é a preferencial, pois estimula a absorção de cátions, como Ca^{+2} e K^{+} , que, depois do N, são os nutrientes mais absorvidos pelo feijoeiro, enquanto a absorção de amônio pode restringir a absorção desses cátions, principalmente Ca^{+2} .

Apesar de geralmente se utilizar o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio nas adubações do feijoeiro, o nitrogênio na forma amoniacal é rapidamente oxidado no solo à forma nítrica. MENGEL e KIRKBY (1982) relataram que, em solos com boa aeração, o amônio é oxidado a nitrito, o qual, por sua vez, é oxidado a nitrato. O processo é mediado por bactérias autotróficas. Vários gêneros e espécies autotróficas oxidam amônia para nitrato, incluindo *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus* e *Nitrosospira*, enquanto a oxidação de nitrito para nitrato é realizada somente por espécies do gênero *Nitrobacter*.

O nitrogênio absorvido na forma de nitrato é reduzido a amônio, possibilitando a sua assimilação por compostos orgânicos. A primeira reação do processo redutivo é catalisada pela enzima redutase do nitrato, que tem o molibdênio como co-fator, a qual catalisa a redução do nitrato a nitrito. Este é, então, reduzido a amônio, que, em equilíbrio com amônia, é assimilado na forma orgânica via ciclo GS-GOGAT (glutamina sintetase-glutamina oxoglutarato amidatransferase), com síntese de aminoácidos, proteínas, clorofila e outros (CRAWFORD et al., 1992).

A preferência quanto à forma iônica de absorção do N pode variar durante o crescimento da planta, de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. O amônio absorvido pela planta tem que ser logo incorporado a esqueletos carbônicos na raiz, sendo estes translocados para a parte aérea na forma de aminoácidos, amidas e compostos relacionados para posterior utilização, não podendo ser armazenados, por serem tóxicos à planta e atuarem como desacoplador da fotofosforilação (MARSCHNER, 1995).

O gás nitrogênio (N_2), que constitui 78% dos gases atmosféricos, é fonte primária de N para as plantas e possui forte ligação entre os seus átomos; na molécula, não é quebrado por nenhuma planta para ser assimilado, mas por apenas algumas bactérias.

Por ser uma leguminosa, o feijoeiro pode adquirir o nitrogênio do ar por meio de associações simbióticas com bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam N_2 . Isso ocorre mediante a ação do complexo enzimático nitrogenase, presente nos bacterióides dos nódulos.

O feijão pode contar com o fornecimento de nitrogênio do solo, dos fertilizantes, da água da chuva e da fixação biológica (FBN). No entanto, de forma geral, o suprimento de N pelo processo de fixação fica aquém do necessário para se alcançarem altas produtividades. Estudos realizados por DÖBEREINER e RUSCHEL (1961) e FRANCO e MUNNS (1979) evidenciaram que, em condições brasileiras, a fixação simbiótica pode suprir a demanda do feijoeiro por N, principalmente até a floração. CUESTA et al. (1995), estudando o crescimento do feijoeiro suprido com diferentes fontes de N, concluíram que as características de crescimento foram reduzidas nas plantas dependentes de N_2 , em relação às adubadas com $N-NO_3$, principalmente na fase vegetativa, sem traduzir-se em diferenças significativas na produção. No entanto, as plantas inoculadas apresentaram taxas de crescimento similares ou superiores às adubadas nas etapas finais do ciclo.

RUANO (1984) observou, em feijão, queda de suprimentos de fotoassimilados aos nódulos, no período de enchimento de grãos, causada pela drenagem desses compostos pelas vagens. Essa diminuição no suprimento promove queda da atividade da nitrogenase, degeneração dos nódulos e aparecimento de sintomas de deficiência de nitrogênio.

Alguns ensaios não têm mostrado eficácia da inoculação com rizóbio (VIEIRA et al., 1998; AMANE et al., 1999). Esses autores argumentaram que, provavelmente, as estirpes nativas, pouco eficientes na fixação de nitrogênio, possuem alta capacidade de competição pelos sítios de nodulação radicular com as estirpes introduzidas, e por isso a prática de inoculação do feijoeiro não é difundida. VIEIRA et al. (1998a) verificaram que o aumento da atividade da nitrogenase não dependeu da inoculação, indicando que o rizóbio nativo do solo pode ter sua eficiência aumentada quando manejado adequadamente.

Estudos da adubação nitrogenada na cultura do feijão geralmente são associados à aplicação de outros nutrientes essenciais à cultura. Em experimento com adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão, no município de Coimbra, MG, BERGER et al. (1983) observaram que o peso da palha, o número de vagens por área e a produção de grãos, na ausência do adubo fosfatado, tenderam a diminuir com o aumento das doses de N; com 60-120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, o efeito do N foi positivo; e com 180-240 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, atingiu-se o máximo e não houve efeito significativo do N.

Além de crescimentos de produtividade, em resposta à adubação nitrogenada, aumento no teor de proteínas dos grãos foi observado por EDJE et al. (1975). Esses autores observaram, ainda, alta correlação entre a quantidade de adubo nitrogenado aplicado e o teor de proteína no feijão. ARAYA et al. (1981), estudando o parcelamento da adubação nitrogenada, verificaram vantagens do uso de metade da dose no plantio e o restante entre 15 e 29 dias após a emergência. Esses autores também observaram aumento no teor de proteínas nos grãos com as maiores doses de nitrogênio aplicado na forma de uréia; entretanto, quanto maior o teor de proteína, menor a concentração de metionina, tornando a proteína de menor valor nutritivo.

ARAÚJO et al. (1994) observaram vantagens no parcelamento da adubação nitrogenada, cujo emprego, em cobertura, deve ser feito até, aproximadamente, 30 dias após a emergência. REIS et al. (1972) observaram que, na época das águas, a falta de adubo nitrogenado no sulco de plantio foi prejudicial à produção do feijoeiro, o que não ocorreu na época da seca.

O nitrogênio mineral tem efeito controvertido na simbiose rizóbio-feijoeiro. Alguns autores têm constatado efeito sinérgico entre a absorção de nitrogênio mineral, fornecido em pequenas doses, e a fixação de N₂ (RUSCHEL et al., 1979), enquanto outros não têm demonstrado tal benefício (FRANCO e MUNNS, 1979).

O nitrogênio aplicado ao solo em maiores concentrações pode acelerar a senescência dos nódulos e diminuir a nodulação, provavelmente de duas formas: a atividade da redutase do nitrato é induzida nas extremidades das raízes, e ocorre desvio de fotossintatos dos nódulos para essa parte da raiz ou, então, os produtos da redução do nitrato inibem a fixação de nitrogênio nos nódulos (SPRENT, 1979). VESSEY e WALSHI (1988) relataram que, ao

fornecerem nitrato às plantas, os sítios de redução do nitrato (principalmente folhas e raízes) são ativados e competem pelo fornecimento de fotossintatos, utilizados pelos nódulos na redução do N_2 .

O feijoeiro é leguminosa exigente de N, fundamental para a formação da área foliar. Além das avaliações visuais do tamanho e da cor das folhas como indicativo da deficiência de N, o monitoramento do estado nutricional talvez possa ser feito a partir de determinações periódicas, por meio de análises de formas de N na matéria seca das folhas feitas em laboratório e, ou, do teor de clorofila nas folhas, feitas com o clorofilômetro, no próprio campo.

As concentrações de N em tecidos vegetais analisadas em laboratório têm sido as determinações mais comuns, porém apresentam desvantagens que lhe limitam o uso, como o tempo gasto e o custo das análises (WASKON et al., 1996). Assim, a utilização de métodos alternativos, que empregam medidores portáteis (GUIMARÃES et al., 1996), possibilitam a realização de determinações de forma rápida no próprio campo, apresentando potencial para a realização do diagnóstico e do monitoramento do estado nutricional nitrogenado do feijoeiro.

A concentração de clorofila, responsável pela intensidade da coloração verde, correlaciona-se positivamente com a concentração de N nas folhas, pois grande parte desse N participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (GIRARDIN et al., 1985; TAIZ e ZEIGER, 1991).

Os recentes avanços no aperfeiçoamento dos medidores portáteis tornaram a determinação do teor de clorofila das folhas mais fácil, possibilitando a sua utilização como critério de avaliação do estado nutricional nitrogenado das plantas (TAKEBE e YONEYAMA, 1989), principalmente por ser de determinação rápida diretamente no campo. O modelo atualizado SPAD – 502 ("Soil-Plant Analysis Development, Section, Minolta Camera Co., Ltd.", Japan) possui diodos que emitem feixes de luz a 650 (vermelho) e 940 nm (infravermelho), através da folha, e dois detectores, que medem a transmitância da luz através dela. O comprimento de onda de 650 nm se situa entre os dois comprimentos de onda associados com a atividade da clorofila (645 e 663 nm), sendo elevada sua absorção pela clorofila, que não é influenciada pela presença de pigmentos acessórios, como os carotenóides.

O comprimento de onda de 940 nm atua como padrão interno, a fim de compensar diferenças quanto a espessura da folha, estado de turgescência e outros fatores. Assim, o medidor avalia a diferença entre a atenuação da luz a 650 e 940 nm como índice do tom da coloração verde ou da concentração de clorofila, as quais são expressas em unidades SPAD (MINOLTA CAMERA Co., 1989).

As "leitura" obtidas com o medidor SPAD – 502 (unidades SPAD) apresentaram correlações positivas com os teores de N que conferem suficiência de N em milho (GIRARDIN et al., 1985; BLACKMER e SCHEPERS, 1995), podendo, dessa forma, refletir o estado nutricional da cultura. Apresentaram, também, correlação positiva com a produção final dessa cultura (BLACKMER e SCHEPERS, 1995; WASKON et al., 1996).

Atualmente, o medidor SPAD – 502 tem sido utilizado com sucesso no diagnóstico do estado nutricional das plantas em relação ao N, bem como na recomendação de adubação nitrogenada em cobertura em culturas como milho (WOLFE et al., 1988; PIEKIELEK e FOX, 1992; WOOD et al., 1992; BLACKMER et al., 1994; SMEAL e ZHANG, 1994; WASKON et al., 1996), batata (MINOTTI et al., 1994), trigo (FOX et al., 1994; SCHADCHINA e DMITRIEVA, 1995), arroz (PENG et al., 1995) e tomate (GUIMARÃES et al., 1996).

2.2. Molibdênio

Dentre os micronutrientes, o molibdênio é um dos mais estudados na cultura do feijão (VIEIRA, 1998) e o menos abundante em solos brasileiros (MALAVOLTA, 1980).

O molibdênio participa como integrante de enzimas envolvidas em reações bioquímicas necessárias ao metabolismo da planta. Tem importância vital na fixação simbiótica de nitrogênio pelos rizóbios e exerce função indispensável na assimilação do nitrato absorvido do solo (MARSCHNER, 1995). É nutriente essencial para o crescimento vegetal, por participar como co-fator de enzimas envolvidas em reações bioquímicas no metabolismo do nitrogênio (ANDERSON, 1956). Quando ocorre deficiência de molibdênio, o metabolismo do nitrogênio pode ser seriamente afetado, por causa da

participação do nutriente como componente da nitrogenase (KOCH et al., 1967), indispensável para fixação do nitrogênio e da redutase do nitrato (EVANS, 1956; CANDELA et al., 1957; FELIX et al., 1981), indispensável para a redução do nitrato a nitrito no processo de assimilação do nitrogênio. A participação do molibdênio está relacionada ao transporte de elétrons durante as reações bioquímicas; a processos de redução do nitrogênio atmosférico à amônia, no caso da nitrogenase; e à redução do nitrato a nitrito, no caso da redutase do nitrato.

A nitrogenase é uma enzima complexa, presente em microrganismos procarióticos capazes de fixar N_2 . É formada por duas proteínas distintas que se combinam para reduzir o N_2 a NH_3 . A primeira proteína contém 28 átomos de ferro e dois átomos de molibdênio e, na presença de oxigênio, demora cerca de 10 minutos para ser inativada. A segunda proteína contém apenas ferro como co-fator e, na presença de oxigênio, é inativada em cerca de 45 segundos. Para o bom funcionamento da enzima, são necessárias relações adequadas entre as duas proteínas e entre o molibdênio e o ferro. No processo redutivo, a nitrogenase recebe elétrons da ferredoxina reduzida. Esses elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro, que, tornando-se um agente redutor, os transferem para a proteína ligada ao ferro e ao molibdênio que, por sua vez, reduz o N_2 a duas moléculas de NH_3 (MENGEL e KIRKBY, 1987). Assim, entende-se que, em casos de deficiência de molibdênio, a síntese e a atividade da nitrogenase são comprometidas e, como resultado, ocorre menor fixação biológica de nitrogênio.

VIEIRA et al. (1998) observaram que a aplicação foliar de Mo em feijoeiro resultou na diminuição do número de nódulos tanto em solos de alta como de baixa fertilidade, mas aumentou-lhes o tamanho e o peso, além de aumentar também a atividade da nitrogenase. Com relação à redutase do nitrato, esses autores verificaram maiores atividade e longevidade dessa enzima com a aplicação foliar de Mo, propiciando aumento do teor de N na planta.

A redutase do nitrato catalisa a redução do nitrato a nitrito, necessário para o metabolismo do nitrogênio na planta. Essa enzima contém molibdênio como grupo prostético e é considerada a principal proteína contendo esse elemento nas plantas. Em condições de deficiência de molibdênio, a atividade

da enzima é muito reduzida, resultando em acúmulo de nitrato na planta (MARSCHINER, 1995).

Plantas nutridas com nitrato apresentam maior concentração de molibdênio que as nutridas com amônio, e essa diferença na concentração decorre, em parte, do conteúdo desse nutriente na redutase do nitrato (GUPTA e LIPSETT, 1981), porém plantas nutridas com amônio ou nitrato podem manifestar sintomas de deficiência de nitrogênio quando se desenvolvem na ausência de molibdênio. Esse comportamento pode estar associado a um possível acúmulo de nitrato na planta, resultado da nitrificação do amônio e da síntese deficiente da redutase do nitrato.

Em casos de deficiência de molibdênio na planta, ele pode ser translocado das partes mais velhas para as partes mais novas da planta. Assim, ao contrário do que ocorre com outros micronutrientes, sua deficiência manifesta-se, inicialmente, nas folhas mais novas, com colorações amareladas (MENGEL e KIRKBY, 1987).

Os sintomas de deficiência de molibdênio estão intimamente associados ao metabolismo do nitrogênio. No caso das leguminosas, a deficiência desse micronutriente afeta a síntese e o funcionamento da nitrogenase, o que resultará em fixação deficiente de nitrogênio atmosférico, e, assim, as plantas apresentar-se-ão cloróticas e, mesmo que seja adicionado adubo nitrogenado, as deficiências poderão não ser corrigidas (GUPTA e LIPSETT, 1981).

O molibdênio é encontrado na solução do solo predominantemente na forma de molibdato (MoO_4^{2-}), que chega às raízes, principalmente via fluxo de massa (GUPTA e LIPSETT, 1981).

A disponibilidade de molibdênio está estreitamente relacionada à sua adsorção pelo solo, que é dependente do pH, dos teores de óxido de ferro e alumínio, do conteúdo de argila, da matéria orgânica, da interação com outros nutrientes, do conteúdo total de Mo no solo etc.

O pH do solo tem sido destacado como um dos fatores de maior influência na disponibilidade de Mo para as plantas. SIQUEIRA (1986), estudando as características de adsorção do Mo em amostras de solo de cerrado, observou que a adsorção máxima ocorreu em pH próximo a 4,0. A partir do pH 5,0, houve queda brusca da adsorção, tornando-se desprezível em pH superior a 6,5. Portanto, com o aumento do pH, a disponibilidade de Mo

aumenta, porque o MoO_4^{2-} fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas presentes na solução do solo (MALAVOLTA, 1980).

Em condições de acidez, o molibdênio na solução do solo é encontrado, predominantemente, na forma não-dissociada de ácido molibídico (H_2MoO_4). Com o aumento do pH, esse ácido se dissocia em molibdato monoácido (HMoO_4^-) e, posteriormente, em molibdato (MoO_4^-), o qual se torna a forma predominante em solos com pH neutro a alcalino (DAVIS, 1956; TIFFIN, 1972).

A liberação do molibdênio devido à calagem é dependente do seu conteúdo total no solo. Assim, aplicações de $11.200 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário foram insuficientes para eliminar as necessidades de aplicações de molibdênio para manter uma boa população de alfafa em solos altamente oxidados dos Estados Unidos (GIDDENS e PERKINS, 1972). Portanto, a disponibilidade é menor em solos ácidos, aumentando com a calagem, desde que o solo não seja deficiente em molibdênio.

Ainda que as deficiências de Mo sejam mais prováveis em solos ácidos, elevada absorção do nutriente pelas plantas pode ocorrer em solos com pH menor que 5,0, se o conteúdo de matéria orgânica for alto. Supõe-se que formas orgânicas protejam o Mo, evitando a formação de compostos insolúveis que lhe reduzem a disponibilidade em condições ácidas.

Alguns ânions polivalentes, como o fosfato, podem estar ligados à carga negativa das moléculas orgânicas, por meio de pontes formadas entre o Fe e o Al (SINHA, 1971). Se as reações dos íons molibdato são idênticas às do fosfato, é muito provável que o mesmo tipo de ligação também ocorra com esse ânion. Assim, pressupõe-se que formas orgânicas protejam o Mo, evitando formação de compostos insolúveis que lhe reduzam a disponibilidade em condições ácidas. A adsorção do Mo como íon MoO_4^{2-} na matéria orgânica e sua possível absorção pelas plantas explicariam o fato de que o Mo seria absorvido em solos orgânicos, mesmo em condições de pH baixo, e justificaria o fato de estes serem capazes de produzir vegetação com elevado teor de Mo nessas condições. A própria matéria orgânica propicia ambiente ácido e redutor dentro dos limites necessários para conferir estabilidade do íon MoO_4^{2-} (HOROWITZ, 1978).

Num solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, BRAGA (1972) verificou que $13,5 \text{ g.ha}^{-1}$ de Mo, na forma de molibdato de sódio,

aplicados em vasos cultivados com feijão Rico 23, juntamente com a adubação NPK e misturado ao solo com pH 5,9, permitiram produção máxima. Resposta semelhante foi encontrada por JUNQUEIRA NETO et al. (1977), que, aplicando o molibdênio no sulco de plantio em Paula Cândido e Viçosa, MG, registraram que $12,9 \text{ g.ha}^{-1}$ de molibdênio proporcionaram aumento de 130% na produção de grãos em Paula Cândido, enquanto em Viçosa somente teve efeito quando associado a nitrogênio, fósforo e cobalto.

JACOB NETO e FRANCO (1986), estudando a melhor forma de aplicação de Mo (no solo ou via foliar) para aumentar a concentração desse nutriente na semente, observaram que a aplicação foliar foi mais eficiente que a aplicação ao solo.

BERGER et al. (1995), em experimentos de peletização de sementes e aplicação foliar de Mo conduzidos em Viçosa e Coimbra, MG, com dois cultivares de feijão, observaram que o efeito do Mo foi mais conspícuo em Coimbra, onde o solo era mais pobre. Considerando os dois locais, para o cultivar Ouro a aplicação foliar de Mo foi mais vantajosa que a peletização; para o cultivar Ouro Negro não houve diferença. Em relação ao tratamento em que as sementes nada receberam, a aplicação foliar do micronutriente trouxe aumento de produção de 37%, em Viçosa, e de 184% (cv. Ouro Negro) e 250% (cv. Ouro) em Coimbra.

ARAÚJO et al. (1987), estudando a influência do molibdênio aplicado por meio de peletização das sementes e do nitrogênio sobre dois cultivares de feijão (Rico 23 e I-162 Guatemala), verificaram que o nitrogênio, além de diminuir a nodulação, reduziu o peso médio das sementes, enquanto o molibdênio o beneficiou. O maior peso médio de sementes foi alcançado com a aplicação de 20 g.ha^{-1} de molibdênio.

BRODRICK et al. (1992), observando plantas oriundas de sementes com diferentes conteúdos de Mo (alto: 1,5 a $7,3 \text{ } \mu\text{g/sementes}$ e baixo: 0,07 a $1,4 \text{ } \mu\text{g/sementes}$) e com diferentes tamanhos (grande = $44 \text{ g/100 sementes}$ e pequena = $22 \text{ g/100 sementes}$), verificaram que o conteúdo de Mo e o tamanho da semente influenciaram a produção de matéria seca das raízes e dos nódulos, o crescimento da planta e a fixação de N_2 . Resultados semelhantes foram observados por JACOB NETO e FRANCO (1986), que, em casa de vegetação com o cultivar Carioca, determinaram que o nível crítico de Mo nas

AMANE et al. (1999), numa série de experimentos, estudando doses de molibdênio e nitrogênio na cultura do feijoeiro, observaram que o Mo, em aplicação foliar, na dose que variou de 70 a 100 g.ha⁻¹, foi essencial para se atingir a máxima produção. A adubação nitrogenada no sulco de plantio também foi essencial, e sua falta nem sempre foi compensada pela adubação nitrogenada em cobertura; a combinação de N no plantio + Mo proporcionou aumentos na produção, que, em alguns locais, foram superiores a 200%.

Quadro 1 – Análises químicas e físicas da amostra de solo da camada arável (0 – 20 cm) utilizado nos dois experimentos

Característica	Resultado	Interpretação
pH em água (1:2,5)	5,0	Ácido a moderado
P (mg/dm ³)	11,9	Bom
K (mg/dm ³)	40,0	Médio
Al ³⁺ (cmol/dm ³)	0,2	Baixo
Ca ²⁺ (cmol/dm ³)	1,2	Baixo
Mg ²⁺ (cmol/dm ³)	0,6	Médio
H + Al (cmol/dm ³)	4,3	Médio
SB (cmol/dm ³)	1,9	Médio
CTC efetiva (cmol/dm ³)	1,9	Baixo
CTC total (cmol/dm ³)	4,3	Médio
V (%)	58,9	Baixo
BD (t)	2,4	Muito baixo

3 . MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra, MG, um no verão-outono, com plantio em 11.03.1997; e o outro na primavera-verão, com plantio em 11.11.1997, em um solo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Os resultados da análise das características químicas e físicas das amostras desse solo, onde foram conduzidos os dois experimentos, encontram-se no Quadro 1.

Os dois experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em que os 16 tratamentos foram originados de um arranjo fatorial 4 x 2 x 2, isto é, quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g.ha⁻¹), duas doses de N no plantio (0 e 20 kg.ha⁻¹) e duas doses de N em cobertura (0 e 50 kg.ha⁻¹). O molibdênio, na forma de molibdato de amônio, foi aplicado nas folhas aos 25 dias após a emergência das plantas (DAE). O sulfato de amônio foi usado como fonte de nitrogênio e, em cobertura, foi aplicado parceladamente, aos 15 dias (30 kg.ha⁻¹) e aos 25 DAE (20 kg.ha⁻¹).

Todas as parcelas experimentais receberam, no sulco de plantio, 80 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 20 kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. O solo era povoado por estirpes nativas de *Rhizobium*, pois as plantas cultivadas nesse solo exibiam nódulos. Ambos os experimentos foram conduzidos no mesmo local, utilizando-se o mesmo sorteio dos tratamentos, nas duas épocas de semeadura.

Quadro 1 – Análises químicas e físicas da amostra de solo da camada arável (0 – 20 cm) utilizado nos dois experimentos ^{1/}

Característica	Resultado	Interpretação ^{2/}
pH em água (1:2,5)	5,0	Acidez elevada
P (mg/dm ³) ^{3/}	11,9	Bom
K (mg/dm ³) ^{3/}	40,0	Médio
Al ³⁺ (cmol/dm ³) ^{4/}	0,2	Baixo
Ca ²⁺ (cmol/dm ³) ^{4/}	1,2	Baixo
Mg ²⁺ (cmol/dm ³) ^{4/}	0,6	Médio
H + Al (cmol/dm ³) ^{5/}	4,8	Médio
SB (cmol/dm ³) ^{4/}	1,9	Médio
CTC efetiva (cmol/dm ³)	2,1	Baixo
CTC total (cmol/dm ³)	6,7	Médio
V (%)	28,6	Baixo
m (%)	9,4	Muito baixo
Areia grossa (%) ^{6/}	10	
Areia fina (%) ^{6/}	11	
Silte (%) ^{6/}	18	
Argila (%) ^{6/}	61	
Classificação textural	Muito argiloso	

^{1/} - Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

^{2/} - Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999).

^{3/} - Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

^{4/} - Extrator KCl 1 mol/L (VETTORI, 1969).

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

^{6/} - Método da pipeta (EMPRESA...- EMBRAPA e CNLCS, 1979).

As pulverizações com molibdênio foram realizadas pela manhã, com a finalidade de evitar ventos fortes, que poderiam diminuir a exatidão da aplicação, ocasionando deriva do micronutriente. Para essa aplicação, foi usado um pulverizador costal com a sua vazão calibrada para 150 L.ha^{-1} .

A unidade experimental foi constituída de cinco fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m, com aproximadamente 15 sementes por metro de sulco. Na colheita, foram usadas duas fileiras centrais, com a eliminação de 0,5 m de cada extremidade, o que resultou numa área útil de $4,0 \text{ m}^2$. Uma fileira de cada parcela, imediatamente adjacente à linha de bordadura, foi utilizada na coleta de folhas para análise do teor de nitrogênio.

O preparo do solo foi feito de forma tradicional, ou seja, uma aração seguida de duas gradagens; na segunda, incorporou-se o herbicida Erradicane, na dose de $8,0 \text{ l/ha}$ do produto comercial, para controle da tiririca (*Cyperus rotundus* L.), cuja ocorrência era generalizada na área experimental. O cultivar utilizado foi o Meia Noite.

Os tratos culturais foram os normais da cultura, fazendo-se capinas mecânicas e irrigações sempre que necessário.

Foram feitas coletas de folhas ao acaso, durante a floração, na linha de plantio semeada para esse fim, das terceiras folhas trifolioladas, a partir do topo da planta (MALAVOLTA, 1980).

As variáveis avaliadas foram as seguintes:

- a) **Nº de vagem por planta** – Após a colheita das parcelas, as plantas foram colocadas para secar; em seguida, foram contadas e retiradas as vagens das plantas (VAGPL).
- c) **Nº de sementes por vagem** – Uma vez secas, as vagens foram debulhadas e as sementes, contadas (SEMVAG).
- d) **Produção de grãos** – Peso total das sementes por parcela, expresso em kg.ha^{-1} , com teores de umidade em torno de 13%.
- e) **Peso médio de 100 sementes** – Produção de grãos da parcela dividida pelo número total de grãos por parcela – P100SEM.
- f) **Teor de nitrogênio nas folhas** – Foram feitas coletas de folhas ao acaso durante a floração, as quais, em seguida, foram levadas ao laboratório para serem lavadas em água corrente e secadas em estufa a 70°C até atingirem peso constante (48 horas). Uma vez

secas, as amostras foram moídas em moinhos tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada, e homogeneizadas. Da matéria seca, uma amostra de 0,1 g foi usada para determinação do nitrato, conforme metodologia descrita por CATALDO et al. (1975), e outra amostra, de 0,1 g, foi usada para determinação do nitrogênio orgânico, que foi feito por digestão sulfúrica (LINDNER, 1944), seguida de avaliação colorimétrica, utilizando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1965).

- g) **Teor de clorofila** – Foi realizada uma leitura SPAD de clorofila (expresso em unidades SPAD) aos oito dias após a aplicação de N em cobertura e de Mo. Foram tomadas quatro plantas ao acaso em cada unidade experimental, utilizando-se a folha mais desenvolvida do terço superior da planta, e calculadas as médias, de cada parcela, pelo próprio clorofilômetro.
- h) **Conteúdo de molibdênio nas sementes** – A determinação feita foi de teores ou concentrações de Mo na matéria seca das sementes. Para isso foi usada a reação $KI + H_2O_2$, que é catalisada pelos íons MoO_4^{2-} , conforme metodologia descrita por YATSIMIRSKII (1964), estudada e modificada por FUGE (1970), EIVAZI et al. (1982) e DALLPAI (1996). Com esses teores e com a massa da matéria seca das sementes, calculou-se o conteúdo de Mo nas sementes.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o teste de F a 5% de probabilidade. Foram realizadas as análises de variância individuais e as análises de variância conjunta, envolvendo as duas épocas de plantio, conforme BANZATO e KRONKA (1997). Não foram desdobradas as interações envolvendo as épocas de plantio, porque o interesse do trabalho era estudar o efeito das doses de molibdênio e nitrogênio aplicados no plantio e de nitrogênio aplicado em cobertura, bem como as suas interações, considerando-se as duas épocas de plantio.

Com relação às variáveis teor de clorofila nas folhas e conteúdo de molibdênio na semente, foram realizadas somente as análises individuais, porque essas avaliações só se realizaram na segunda época de plantio.

Quadro 2—Médias do número de vagens/planta (VAGPL), do número de sementes/planta (SEM/PL), do peso de 100 sementes (P100 SEM) e da produção de grãos (PROD) dos experimentos realizados no verão de 1992 e na primavera-verão de 1997

TRATAMENTOS			VAGPL	SEM/PL	P100SEM	PROD
Mo	Np	Nc	(n°)	(n°)	(g)	(kg/ha)
0	0	0	1,9	3,0	16,2	287
40	0	0	3,9	3,3	16,0	1.222
80	0	0	5,7	3,9	19,8	1.420
120	0	0	7,2	3,9	19,3	1.351
0	20	0	2,3	3,3	15,9	379
40	20	0	2,3	3,3	20,0	1.400
80	20	0	3,2	4,3	20,3	1.533
120	20	0	5,2	4,3	19,4	1.335
0	0	80	3,0	4,1	17,8	739
40	0	80	5,9	4,1	18,0	1.419
80	0	80	5,5	3,8	15,5	1.178
120	0	80	5,5	3,8	19,3	1.379
0	0	50	7,0	4,5	20,4	1.846
40	0	50	9,2	4,8	19,5	1.716
80	0	50	8,8	3,8	19,8	1.719
120	0	50	3,0	3,0	17,0	613
40	0	50	5,9	3,7	18,5	1.333
80	0	50	5,9	3,3	15,1	1.236

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios das variáveis obtidas no campo, nos dois anos, encontram-se no Quadro 2.

4.1. Número de vagens/planta (VAGPL)

A análise conjunta dos experimentos revelou que o número de vagens/planta foi influenciado significativamente pela aplicação de Mo, de N em cobertura e de N no plantio e pelas interações doses de Mo x doses de N em cobertura, doses de Mo x doses de N no plantio e doses de N em cobertura x doses de N no plantio.

Com N no plantio ou sem ele e com N em cobertura ou sem ele, a resposta às doses de Mo foi quadrática. Sem a aplicação de N em cobertura, a dose estimada de Mo que propiciou produção máxima de VAGPL (5,7) foi de 96 g.ha⁻¹, mas, quando se aplicaram 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, a maior produção estimada foi de 6,5 vagens/planta, obtida com a dose estimada de 80,7 g.ha⁻¹, Figura 1-1. Quando não se fez adubação de N no plantio, a dose estimada de Mo de 106 g.ha⁻¹ propiciou a produção máxima estimada de 6,1 vagens/planta, mas, com 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, a dose estimada de 77 g.ha⁻¹ de Mo proporcionou a produção máxima estimada de 6,3 vagens/planta, Figura 1-2. Esses resultados indicaram que, com N tanto no plantio quanto em cobertura, a quantidade de Mo necessária para obter a

Quadro 2 – Médias do número de vagens/planta (VAGPL), do número de sementes/vagem (SEMVAG), do peso de 100 sementes (P100 SEM) e da produção de grãos (PROD) dos experimentos instalados no verão-outono e na primavera-verão de 1997

TRATAMENTOS			VAGPL	SEMVAG	P100SEM	PROD
Mo	Np	Nc	(nº)	(nº)	(g)	(kg/ha)
0	0	0	1,9	3,0	16,2	287
40	0	0	3,9	3,3	18,0	1.222
80	0	0	5,7	3,9	19,6	1.420
120	0	0	5,6	3,9	19,5	1.381
0	20	0	2,3	3,3	15,9	379
40	20	0	5,0	4,5	20,0	1.400
80	20	0	5,4	4,5	20,3	1.533
120	20	0	5,2	4,3	19,4	1.335
0	0	50	3,0	4,3	17,8	739
40	0	50	5,9	4,1	19,0	1.445
80	0	50	5,6	3,6	18,6	1.176
120	0	50	6,4	4,7	19,3	1.672
0	20	50	4,4	4,4	17,5	997
40	20	50	7,0	4,5	20,4	1.956
80	20	50	6,2	4,8	19,6	1.786
120	20	50	5,8	4,9	19,8	1.769
0	0	.	2,5	3,6	17,0	513
40	0	.	4,9	3,7	18,5	1.333
80	0	.	5,7	3,8	19,1	1.298
120	0	.	6,0	4,3	19,4	1.527
0	20	.	3,3	3,8	16,7	688
40	20	.	6,0	4,5	20,2	1.678
80	20	.	5,8	4,7	20,0	1.660
120	20	.	5,5	4,6	19,6	1.552
0	.	0	2,1	3,1	16,1	333
40	.	0	4,5	3,9	19,0	1.311
80	.	0	5,5	4,2	19,9	1.477
120	.	0	5,4	4,1	19,5	1.358
0	.	50	3,7	4,3	17,7	868
40	.	50	6,4	4,3	19,7	1.700
80	.	50	5,9	4,2	19,1	1.481
120	.	50	6,1	4,8	19,6	1.720
0	.	.	2,9	3,7	16,9	601
40	.	.	5,4	4,1	19,3	1.505
80	.	.	5,7	4,2	19,5	1.479
120	.	.	5,8	4,5	19,5	1.539
.	0	.	4,8	3,9	18,5	1.168
.	20	.	5,2	4,4	19,1	1.394
.	.	0	4,4	3,8	18,6	1.120
.	.	50	5,5	4,4	19,0	1.443

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente.

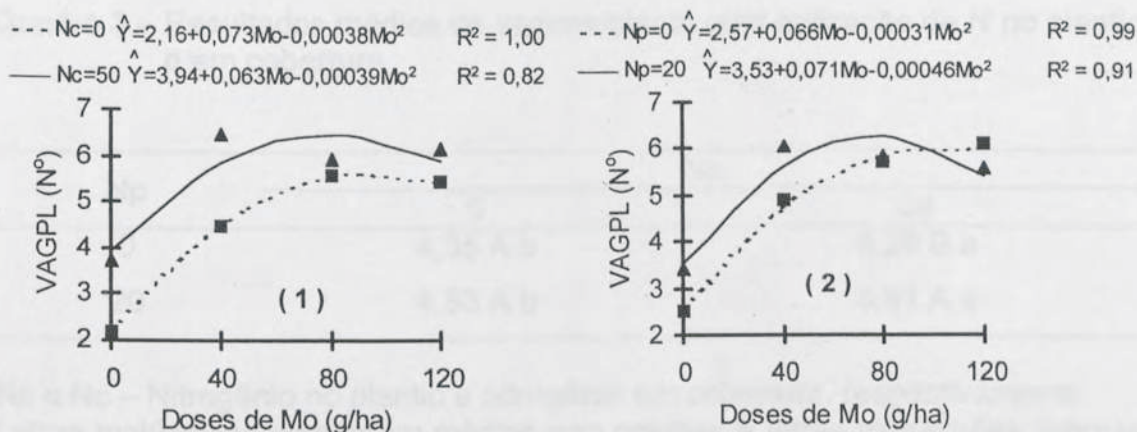


Figura 1 – Efeito das doses de Mo, com e sem aplicação de N em cobertura (1) e com e sem aplicação de N no plantio (2), sobre o número de vagens/planta (VAGPL).

produção máxima de vagens/planta foi menor, ou seja, 80,7 g.ha⁻¹ para aplicação do N somente em cobertura e 77 g.ha⁻¹ para aplicação no sulco de plantio.

É interessante notar que apenas 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio proporcionou a mesma produção que 50 kg.ha⁻¹ em cobertura, com o uso de quantidades praticamente iguais de Mo, ou seja, 77 e 80,7 g.ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por AMANE et al. (1999).

O VAGPL foi aumentado significativamente pela adubação nitrogenada em cobertura, com ou sem N no plantio, mas esse aumento foi significativamente acentuado quando os feijoeiros receberam ambas as adubações; sem adubação em cobertura, o VAGPL não foi significativamente afetado pelo N no plantio (Quadro 3).

4.2. Número de sementes/vagem (SEMVAG)

A análise de variância conjunta revelou que o SEMVAG foi afetado significativamente pelas doses de Mo e doses de N no plantio e pela interação doses de Mo x doses de N no plantio x doses de N em cobertura.

No desdobramento da interação doses de Mo x doses de N no plantio x doses de N em cobertura, observou-se que, com 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, a

Quadro 3 – Resultados médios de vagens/planta com aplicação de N no plantio e em cobertura

Np	Nc	
	0	50
0	4,35 A b	5,26 B a
20	4,53 A b	5,91 A a

Np e Nc – Nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente. Letras maiúsculas comparam médias nas colunas e letras minúsculas, médias nas linhas, pelo teste F a 5% de probabilidade.

máxima produção estimada de sementes/vagem (4,69) foi obtida com 80 g.ha⁻¹ de Mo, mas, quando não houve aplicação de N no plantio, ocorreu tendência de aumento do número de sementes/vagem com aplicação de Mo, porém de forma linear e com números menores, Figura 2-1. Com 50 kg/ha de N em cobertura e sem aplicação de N no plantio, foram necessários 55 g.ha⁻¹ de Mo para se ter o valor máximo estimado (cinco sementes/vagem); esse valor também foi alcançado com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹, mas foi necessária a dose de 117,6 g.ha⁻¹ de Mo, Figura 2-2.

Quando se aplicaram apenas 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, o aumento do SEMVAG com a aplicação de Mo resultou em acréscimos maiores do que quando se aplicaram 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio mais 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, apesar de o número de sementes/vagem ter sido maior no segundo caso, Figura 2-4.

4.3. Peso de 100 sementes (P100SEM)

A análise de variância conjunta revelou que o P100SEM aumentou significativamente com as doses de Mo, doses de N em cobertura, doses de N no plantio e com as interações doses de Mo x doses de N em cobertura e doses de Mo x doses de N no plantio.

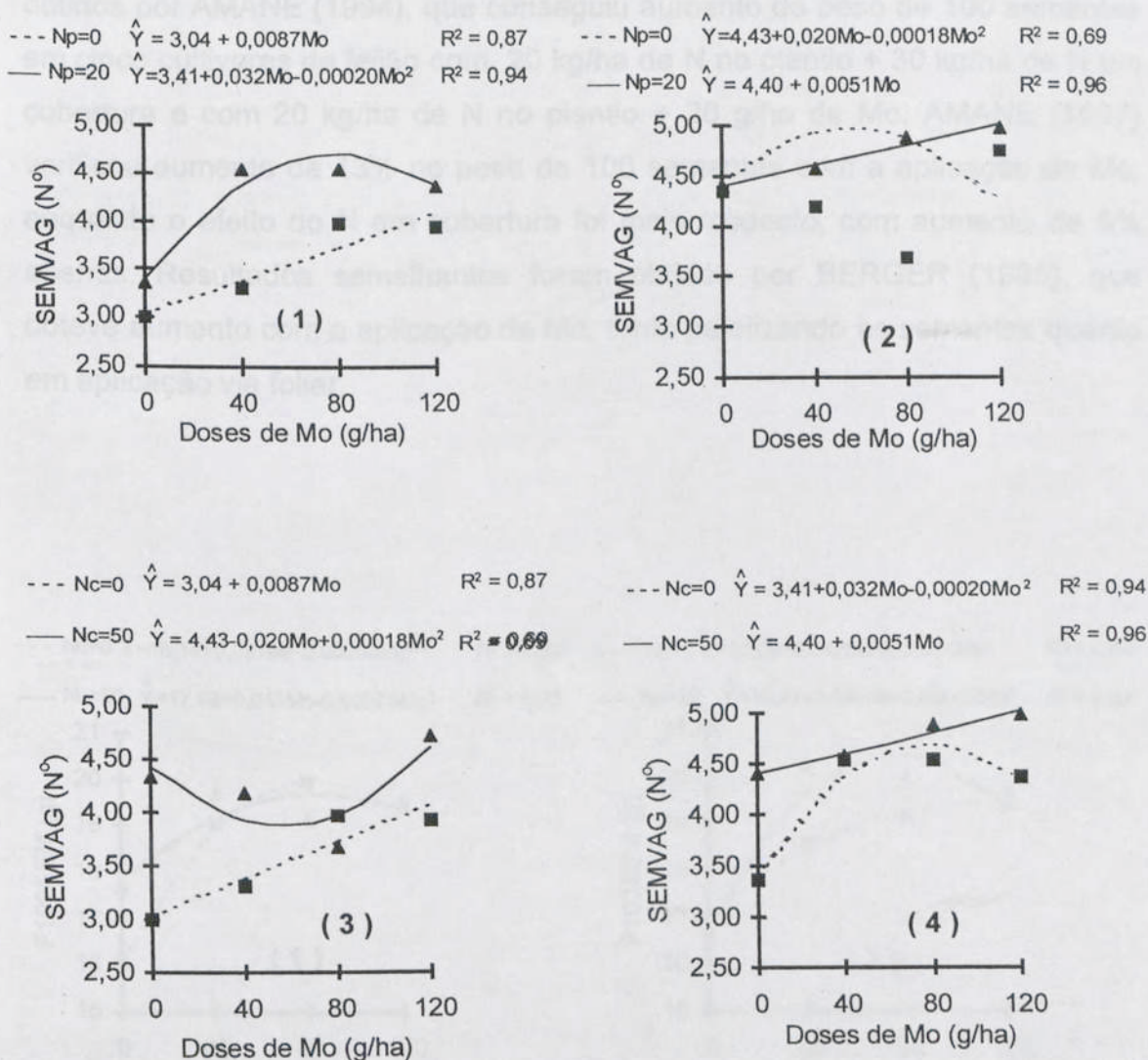


Figura 2 – Efeito das doses de Mo, sem aplicação de N em cobertura (1), com aplicação de 50 kg/ha de N em cobertura (2), sem aplicação de N no plantio (3) e com aplicação de 20 kg/ha de N no plantio (4), sobre o número de sementes/vagem (SEMVAG).

Com 20 kg/ha de N no plantio, 77 g/ha de Mo proporcionaram o maior peso estimado de 100 sementes, que foi de 20,50 g, embora essa mesma dose de Mo, combinada com zero de N no plantio e zero e 50 kg/ha de N em cobertura, tenha proporcionado pesos quase iguais aos máximos (Figura 3), ou seja, de 19,25 g, 20,01 g e 19,71 g, respectivamente. Com relação à testemunha (zero de Mo, zero de N no plantio e zero de N em cobertura), o aumento nos pesos foram de 18, 14, 15 e 17%, respectivamente (Quadro 2). Esses resultados evidenciaram que o Mo proporcionou maiores aumentos no peso das sementes do que as aplicações de N. Resultados semelhantes foram obtidos por AMANE (1994), que conseguiu aumento do peso de 100 sementes em cinco cultivares de feijão com 20 kg/ha de N no plantio + 30 kg/ha de N em cobertura e com 20 kg/ha de N no plantio + 20 g/ha de Mo. AMANE (1997) verificou aumento de 13% no peso de 100 sementes com a aplicação de Mo, enquanto o efeito do N em cobertura foi mais modesto, com aumento de 5% apenas. Resultados semelhantes foram obtidos por BERGER (1995), que obteve aumento com a aplicação de Mo, tanto peletizando as sementes quanto em aplicação via foliar.

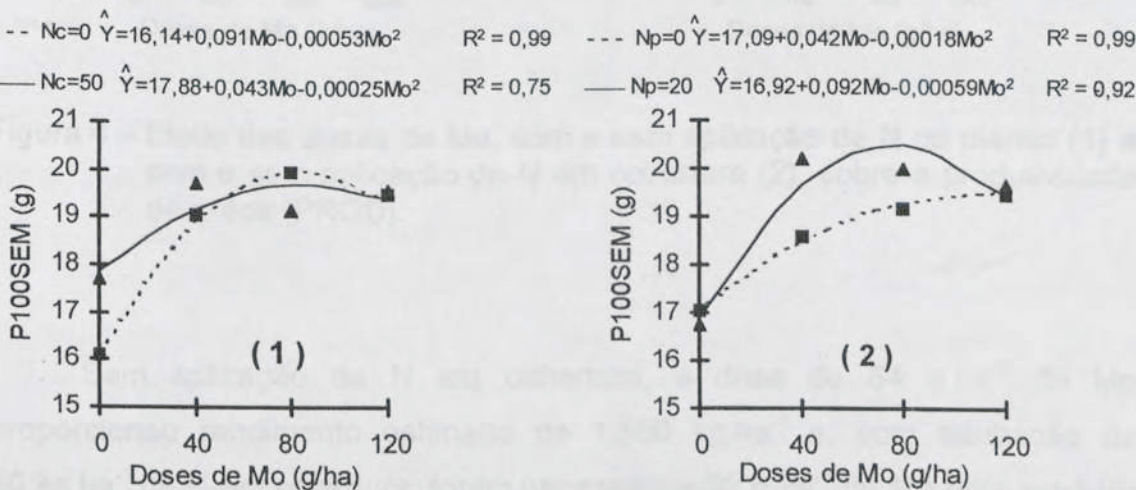


Figura 3 – Efeito das doses de Mo, com e sem aplicação de N em cobertura (1) e com e sem a aplicação de N no plantio (2), sobre o peso de 100 sementes (P100SEM).

4.4. Produtividade de grãos (PROD)

Pela análise de variância conjunta, a PROD sofreu efeito significativo das doses de Mo, doses de N em cobertura e doses de N no plantio e das interações doses de Mo x doses de N em cobertura, doses de Mo x doses de N no plantio e doses de N no plantio x doses de N em cobertura.

Sem N no plantio, a produtividade máxima estimada de 1.531 kg.ha⁻¹ foi obtida com 103 g.ha⁻¹ de Mo, mas, quando foram aplicados 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, a dose de Mo necessária para obter a máxima produtividade estimada (1.806 kg.ha⁻¹) foi menor, ou seja, 79 g.ha⁻¹, Figura 4-1.

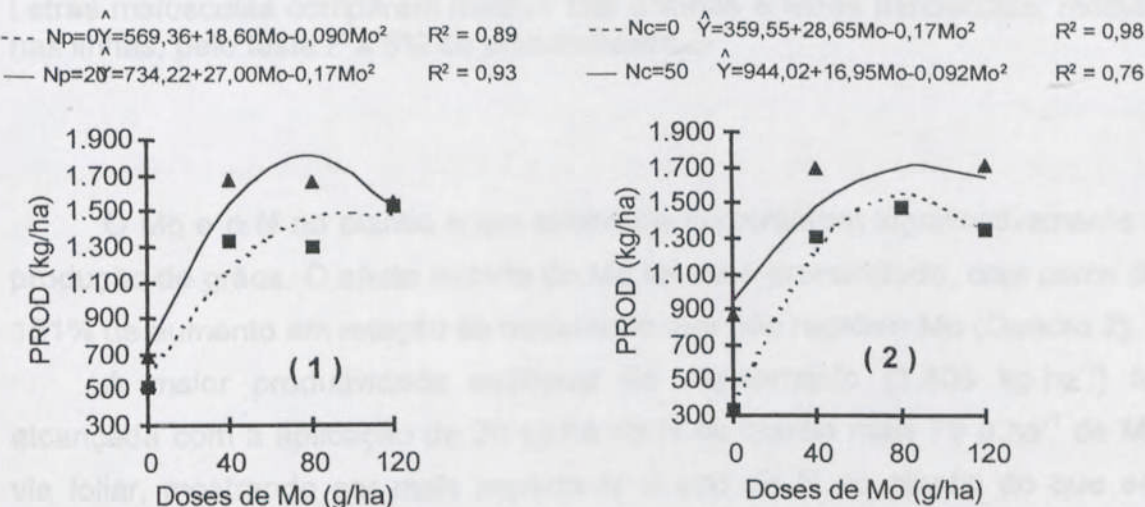


Figura 4 – Efeito das doses de Mo, com e sem aplicação de N no plantio (1) e com e sem aplicação de N em cobertura (2), sobre a produtividade de grãos (PROD).

Sem aplicação de N em cobertura, a dose de 84 g.ha⁻¹ de Mo proporcionou rendimento estimado de 1.566 kg.ha⁻¹ e, com adubação de 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, foram necessários 92 g.ha⁻¹ de Mo para produzir 1.725 kg.ha⁻¹, Figura 4-2.

A aplicação de N em cobertura proporcionou aumento da produção de grãos de feijão, independentemente da aplicação de N no plantio. Quando não se usou N no plantio, o aumento da produtividade provocado pela aplicação de

50 kg.ha⁻¹ em cobertura foi de 16,7%, mas, quando se usou a mesma quantidade de N em cobertura, associada à aplicação de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, esse incremento foi de 40% (Quadro 4).

Quadro 4 – Resultados médios da produção de grãos (kg/ha) com a aplicação de doses de N no plantio e em cobertura

Nc	Np	
	0	20
0	1.077 B b	1.161 B b
50	1.258 A b	1.627 A a

Nc e Np – Nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente. Letras maiúsculas comparam médias nas colunas e letras minúsculas, médias nas linhas, pelo teste F a 5% de probabilidade.

O Mo e o N no plantio e em cobertura aumentaram significativamente a produção de grãos. O efeito isolado do Mo foi mais pronunciado, com cerca de 151% de aumento em relação ao tratamento que não recebeu Mo (Quadro 2).

A maior produtividade estimada do experimento (1.806 kg.ha⁻¹) foi alcançada com a aplicação de 20 kg/ha de N no plantio mais 79 g.ha⁻¹ de Mo via foliar, mostrando ser mais importante o uso de N no plantio do que em cobertura quando associado ao Mo, concordando com AMANE et al. (1999).

A produção obtida com 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio mais 79 g.ha⁻¹ de Mo foi aproximadamente 478% superior à da testemunha sem N no plantio, sem N em cobertura e sem Mo (Quadro 2).

O P100SEM e o SEMVAG foram os componentes da produção que apresentaram comportamento semelhante ao da produção de grãos, pois o ponto de máxima desses componentes foi obtido com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹ e, aproximadamente, 77 g.ha⁻¹ de Mo.

Resultados semelhantes foram encontrados por AMANE et al. (1999), que observaram aumento de até 266% na produtividade, com aplicação de 20 g/ha de Mo e 20 kg/ha de N no plantio, e por BERGER et al. (1995), que, com 80 a 90 g.ha⁻¹ de Mo e 600 kg.ha⁻¹ de 4-14-8 no plantio, observaram aumento de 250% na produção do cultivar Ouro.

Quarta O uso de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio e, mais tarde, a aplicação de 80-90 g.ha⁻¹ de Mo nas folhas propiciaram produtividade de grãos 5% superior à obtida com a mesma dose do micronutriente mais 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, resultados esses semelhantes aos obtidos por VIEIRA et al. (1992) e AMANE et al. (1999).

4.5. Conteúdo de Mo na semente (CONTMGS)

Observou-se que, com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, o conteúdo de Mo nas sementes cresceu linearmente com o aumento das doses de Mo em aplicação foliar. A dose de 120 g.ha⁻¹ de Mo, associada com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio, proporcionou o acúmulo de 0,74 µg.semente⁻¹ (Figura 5). JACOB NETO e FRANCO (1986) encontraram o nível crítico de 3,5 µg.semente⁻¹ de molibdênio, com aplicação foliar de 200 g.ha⁻¹ desse micronutriente, no cultivar Carioca, tendo a simbiose com *Rhizobium* como fonte de nitrogênio. O conteúdo de Mo nas sementes foi determinado apenas no experimento da primavera-verão de 1997, e os resultados médios encontram-se no Quadro 5.

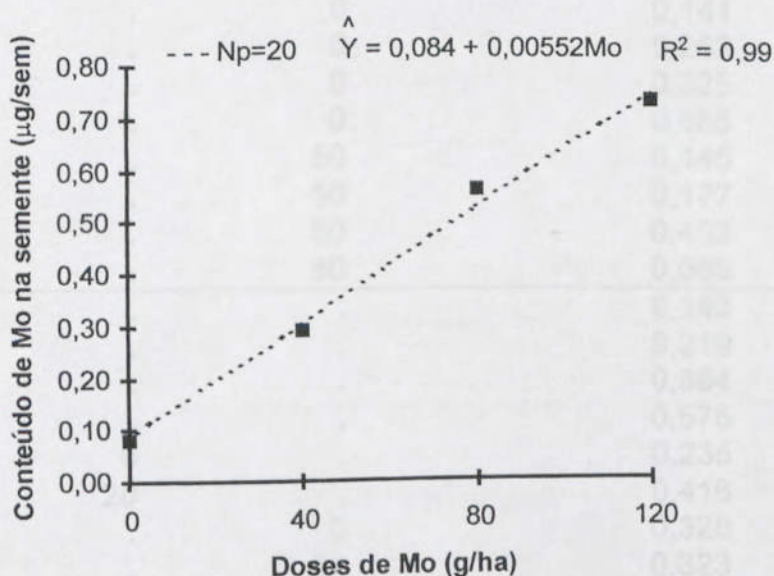


Figura 5 – Efeito de doses de Mo, com aplicação de N no plantio, sobre o conteúdo desse micronutriente nas sementes de feijão.

Quadro 5 – Médias de conteúdo de molibdênio na semente (CONTMGS) colhida no experimento semeado na primavera-verão

TRATAMENTOS			CONTMGS (µg.semente ⁻¹)
Mo	Np	Nc	
0	0	0	0,221
40	0	0	0,154
80	0	0	0,155
120	0	0	0,389
0	20	0	0,060
40	20	0	0,370
80	20	0	0,494
120	20	0	0,782
0	0	50	0,187
40	0	50	0,137
80	0	50	0,185
120	0	50	0,453
0	20	50	0,103
40	20	50	0,217
80	20	50	0,622
120	20	50	0,677
0	0	.	0,204
40	0	.	0,145
80	0	.	0,170
120	0	.	0,421
0	20	.	0,082
40	20	.	0,293
80	20	.	0,558
120	20	.	0,729
0	.	0	0,141
40	.	0	0,262
80	.	0	0,325
120	.	0	0,585
0	.	50	0,145
40	.	50	0,177
80	.	50	0,403
120	.	50	0,565
0	.	.	0,143
40	.	.	0,219
80	.	.	0,364
120	.	.	0,575
.	0	.	0,235
.	20	.	0,416
.	.	0	0,328
.	.	50	0,323

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em Cobertura, respectivamente.

4.6. Teor de clorofila (CLOROF)

Os valores obtidos para as “leituras” SPAD apresentaram crescimento linear com o aumento das doses de Mo quando se aplicaram 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura. Quando não se usou N em cobertura, o valor máximo (33,33 unidades) das unidades SPAD ocorreu com 75 g.ha⁻¹ de Mo (Figura 6). GUIMARÃES (1998), em experimentos com nitrogênio na cultura do tomateiro, observou que as “leituras” SPAD e os teores de clorofila (determinados pelo método-padrão) foram aumentados pelo N e pela correlação significativa com a produção total da cultura. No oitavo dia após a aplicação de N em cobertura e do Mo via foliar, foi realizada a “leitura” do teor de clorofila com o medidor SPAD-502, cujos resultados se encontram no Quadro 6.

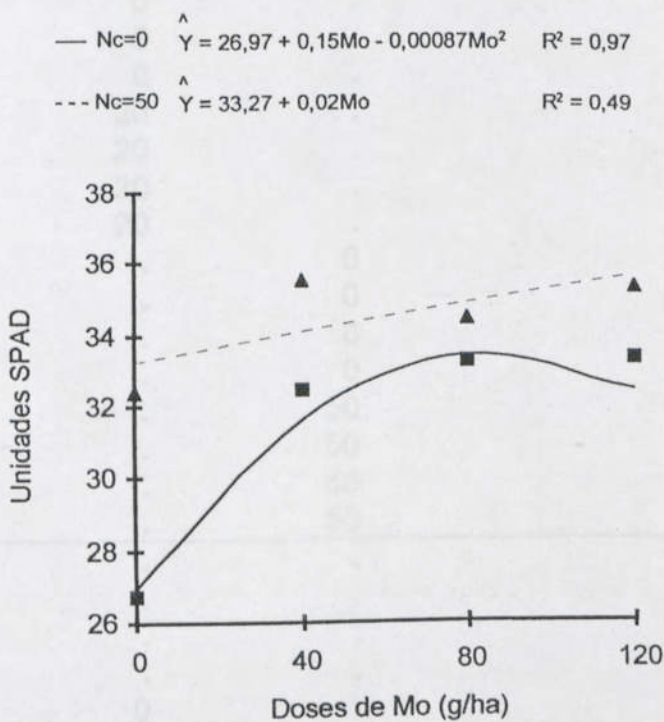


Figura 6 – Efeito de doses de Mo em aplicação foliar no feijoeiro sobre as unidades SPAD (intensidade da coloração verde), com e sem aplicação de N em cobertura.

Quadro 6 – Médias das “leituras” de clorofila (unidades SPAD) aos oito dias após a aplicação de N em cobertura e do Mo (CLOROF) no experimento da primavera-verão

TRATAMENTOS			CLOROFILA
Mo	Np	Nc	(Intensidade de coloração verde)
0	0	0	27,16
40	0	0	31,77
80	0	0	33,25
120	0	0	32,54
0	20	0	26,28
40	20	0	33,20
80	20	0	33,16
120	20	0	34,15
0	0	50	31,83
40	0	50	34,38
80	0	50	35,84
120	0	50	35,84
0	20	50	32,68
40	20	50	36,55
80	20	50	33,02
120	20	50	34,95
0	0	.	29,50
40	0	.	33,08
80	0	.	34,55
120	0	.	34,19
0	20	.	29,48
40	20	.	34,87
80	20	.	33,09
120	20	.	34,55
0	.	0	26,72
40	.	0	32,48
80	.	0	33,21
120	.	0	33,34
0	.	50	32,25
40	.	50	35,47
80	.	50	34,43
120	.	50	35,39
0	.	.	29,49
40	.	.	33,98
80	.	.	33,82
120	.	.	34,37
.	0	.	32,83
.	20	.	33,00
.	.	0	31,44
.	.	50	34,39

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente .

4.7. Teor de nitrogênio total nas folhas (NTF)

Os dados obtidos encontram-se no Quadro 7.

A análise de variância conjunta revelou que os teores de N total nas folhas do feijoeiro foram influenciados pela aplicação de doses de Mo, doses de N no plantio e doses de N em cobertura e pelas interações doses de Mo x doses de N em cobertura e doses de N no plantio x doses de N em cobertura.

O NTF aumentou com a aplicação de Mo com ou sem adubação nitrogenada em cobertura. Sem N em cobertura, o teor máximo estimado de N nas folhas foi de 4,63% com 88 g.ha⁻¹ de Mo, mas, quando se aplicaram 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, o teor estimado aumentou para 5,73%, com 104 g.ha⁻¹ de Mo (Figura 7). Esses valores foram superiores aos indicados por MALAVOLTA e KLIEMANN (1985) como adequados à cultura do feijão (3,0 a 3,5%).

Com relação às aplicações de N no plantio e em cobertura, observou-se aumento do teor de N nas folhas apenas com a adubação em cobertura; com a adubação no plantio, houve diminuição significativa do teor de N nas folhas (Quadros 8).

Quadro 7 – Médias dos teores de nitrogênio nas folhas (NTF) do feijoeiro nos cultivos do verão-outono e da primavera-verão

TRATAMENTO			NITROGÊNIO NAS FOLHAS (%)
Mo	Np	Nc	
0	0	0	2,990
40	0	0	4,829
80	0	0	4,499
120	0	0	4,678
0	20	0	2,298
40	20	0	4,591
80	20	0	4,629
120	20	0	4,384
0	0	50	4,880
40	0	50	5,765
80	0	50	5,631
120	0	50	5,691
0	20	50	4,219
40	20	50	5,410
80	20	50	4,816
120	20	50	5,252
0	0	.	3,935
40	0	.	5,297
80	0	.	5,065
120	0	.	5,184
0	20	.	3,258
40	20	.	5,001
80	20	.	4,722
120	20	.	4,818
0	.	0	2,644
40	.	0	4,710
80	.	0	4,564
120	.	0	4,531
0	.	50	4,549
40	.	50	5,587
80	.	50	5,224
120	.	50	5,472
0	.	.	3,597
40	.	.	5,149
80	.	.	4,894
120	.	.	5,001
.	0	.	4,870
.	20	.	4,450
.	.	0	4,112
.	.	50	5,208

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente.

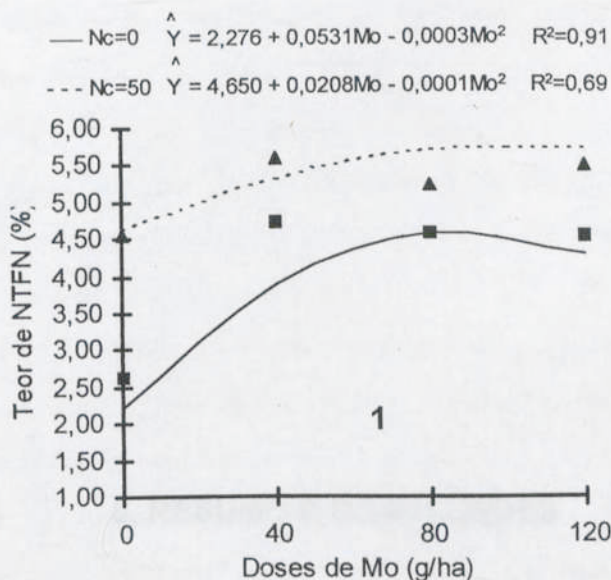


Figura 7 – Efeito das doses de Mo, sem aplicação de N em cobertura e com aplicação de 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, sobre o teor de nitrogênio total nas folhas do feijoeiro (NTF).

Quadro 8 – Médias dos teores de nitrogênio total nas folhas com e sem aplicação de doses de N em cobertura e no plantio

Np	Nc	
	0	50
0	4,25 A b	5,49 A a
20	3,97 B b	4,92 B a

Nc e Np – Nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente. Letras maiúsculas comparam médias nas colunas e letras minúsculas, médias nas linhas, pelo teste F a 5% de probabilidade.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de diferentes doses de molibdênio, combinadas com a aplicação de duas doses de nitrogênio no plantio e duas em cobertura, sobre a cultura do feijão. Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, no município mineiro de Coimbra: o primeiro no verão-outono e o segundo na primavera-verão.

Ambos os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em que os tratamentos foram distribuídos num arranjo fatorial $4 \times 2 \times 2$, sendo quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g.ha^{-1}), duas doses de N no plantio (0 e 20 kg.ha^{-1}) e duas doses de N em cobertura (0 e 50 kg.ha^{-1}). O molibdênio, na forma de molibdato de amônio, foi aplicado nas folhas aos 25 dias após a emergência das plantas. O sulfato de amônio foi usado como fonte de nitrogênio, que, em cobertura, foi aplicado parceladamente, ou seja, 30 kg.ha^{-1} aos 15 dias e 20 kg.ha^{-1} aos 25 dias após a emergência do feijoeiro, coincidindo com a aplicação do adubo molíbdico. Todas as parcelas experimentais receberam 80 kg.ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, e 20 kg.ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio, no sulco de plantio. Utilizou-se o cv. de feijão Meia Noite.

A análise conjunta dos experimentos permitiu as seguintes observações:

- O Mo, na dose de 80 g.ha^{-1} , combinado com 20 kg.ha^{-1} de N no plantio ou 50 kg.ha^{-1} em cobertura, praticamente dobrou o número de vagens/planta.

- b) O Mo, isoladamente, proporcionou maiores aumentos do número de sementes/vagem, mas esse aumento, quando combinado com 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio ou 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, foi um pouco maior.
- c) O peso máximo estimado de 100 sementes foi de 20,48 g, com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio e 85 g.ha⁻¹ de Mo, superando em 21% o tratamento que não recebeu Mo.
- d) A máxima produção de grãos estimada foi de 1.806 kg.ha⁻¹, obtida quando se usaram 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio e mais tarde, aos 25 dias após a emergência, 80 g.ha⁻¹ de Mo.
- e) As doses de Mo e N no plantio, para obter a máxima produção de grãos, foi a mesma para se alcançar o máximo número de vagens/planta, ou seja, 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio e mais 80 g.ha⁻¹ de Mo.
- f) Os teores de N nas folhas do feijoeiro aumentou consideravelmente quando se usou apenas o Mo, mas, combinando 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, com 104 g.ha⁻¹, esse aumento foi ainda maior.
- g) O conteúdo de Mo nas sementes apresentou crescimento linear com o aumento das doses de Mo, atingindo 0,74 µg.semente⁻¹ com a aplicação de 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio mais 120 g.ha⁻¹ de Mo em aplicação foliar.
- h) Tanto a aplicação de Mo quanto a adubação nitrogenada em cobertura proporcionaram aumento do teor de clorofila nas folhas ("leituras" obtidas com o medidor SPAD), mas a combinação do Mo com a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento ainda maior.
- i) A adubação nitrogenada em cobertura foi mais eficiente em aumentar o teor de clorofila (unidades SPAD) e os teores de N nas folhas do feijoeiro do que a aplicação de N no plantio, independentemente da dose de Mo aplicada.
- j) O teor de clorofila medido, aos oito dias após a aplicação do Mo foliar e do N em cobertura, com o medidor SPAD, cresceu com o aumento das doses do micronutriente.

Do exposto, concluiu-se que:

- a) Para máxima produção de feijão, devem ser empregados 80 g.ha⁻¹ de Mo, associados com 20 kg.ha⁻¹ de N no sulco de plantio.
- b) A adubação nitrogenada em cobertura não foi necessária quando se utilizaram 20 kg.ha⁻¹ de N no plantio e, mais tarde, 80 g.ha⁻¹ de Mo.
- c) A adubação nitrogenada no sulco de plantio é imprescindível.

- d) A maior dose de molibdênio em aplicação foliar (120 g.ha^{-1}), juntamente com 20 kg.ha^{-1} de N no plantio, proporcionou acúmulo de $0,74 \mu\text{g.semente}^{-1}$ de Mo. Esse valor é, aproximadamente, cinco vezes menor que o nível tido como crítico de Mo nas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL, 66. Anuário da agricultura brasileira. Rio de Janeiro: Editora Agros Comunicação, 1999. 325p.
- AMANE, M.I.V., VIEIRA, C., CARDOSO, A.A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molibídica. Rev. Ceres, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- AMANE, M.I.V. Adubação nitrogenada e molibídica de cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1997. 83p. Tese (Oculando em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- AMANE, M.I.V., VIEIRA, C., NOVAIS, R. F., ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molibídica de cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, v.23, n.1, p.543-650, 1999.
- ANDERSON, A. J. Molybdenum as fertilizer. Advances in Agronomy, v.8, p.183-202, 1958.
- ARAÚJO, G. A. A., FONTES, L. A. N., AMARAL, F. A. J., CORDE, A. R. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Ceres, v.34, n.104, p.333-339, 1987.
- ARAÚJO, G. A. A., VIEIRA, C., MIRANDA, G. V. Efeito de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão no período de outono-inverno. Rev. Ceres, v.41, n.235, p.442-450, 1994.
- ARAYA, R., VIEIRA, C., MONTEIRO, A. A. T., CARDOSO, A. A., BRUNE, V. Adubação nitrogenada de cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. Rev. Ceres, v.28, n.158, p.134-149, 1981.

BANZATO, D.A., JONCKA, S. Experimentação agrícola de N. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP/FCAM/UNESP, 1997. 247p.

BERGER, P. G. Adubação molíbdica na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): doses, épocas e modos de aplicação. Viçosa, MG: UFV, 1995. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERGER, P. G., VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A. Efeito de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. *Rev. Agropec. Bras.*, v.31, n.7, p.473-483, 1996.

BERGER, P. G., VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A., CASSENI, S. T. A. Pelotização de sementes *Phaseolus vulgaris* L. com micronutrientes de cálcio, boro e molibdênio. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.24, n.1, p.1-10, 2000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGER, P. G., VIEIRA, C., CHAGAS, J. M. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e molíbdica. *Rev. Ceres*, v.30, n.1, p.21-23, 1983.

AGRIANUAL, 99. **Anuário da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Agros Comunicação, 1999. 325p.

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

AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

AMANE, M.I.V., VIEIRA, C., NOVAIS, R. F., ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, n.1, p.643-650, 1999.

ANDERSON. A. J. Molybdenum as a fertilizer. **Advances in Agronomy**, v.8, p.163-202, 1956.

ARAÚJO, G. A. A., FONTES, L. A. N., AMARAL, F. A. L., CONDÉ, A. R. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, v.34, n.194, p.333-339, 1987.

ARAÚJO, G. A. A., VIEIRA, C., MIRANDA, G. V. Efeito de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão no período de outono-inverno. **Rev. Ceres**, v.41, n.236, p.442-450, 1994.

ARAYA, R., VIEIRA, C., MONTEIRO, A. A. T., CARDOSO, A. A., BRUNE, V. Adubação nitrogenada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona da Mata de Minas Gerais. **Rev. Ceres**, v.28, n.156, p.134-149, 1981.

- BANZATO, D.A., KRONKA, S. **Experimentação agrícola do N.** 3. ed. Jaboticabal: FUNEP; FCAV-UNESP, 1997. 247p.
- BERGER, P. G. **Adubação molíbdica na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): doses, épocas e modos de aplicação.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BERGER, P. G., VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A. Efeito de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.31, n.7, p.473-480, 1996.
- BERGER, P. G., VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A., CASSINI, S. T. A. Peletização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com carbonato de cálcio, rizóbio e molibdênio. **Rev. Ceres**, v.42, n.243, p.562-574, 1995.
- BERGER, P. G., VIEIRA, C., CHAGAS, J. M. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. **Rev. Ceres**, v.30, n.1, p.211-223, 1983.
- BLACKMER, T. M., SCHEPERS, J. S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, n.1, p.56-60, 1995.
- BLACKMER, T. M., SCHEPERS, J. S., VARVEL, G. E. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. **Agronomy Journal**, v.86, n.1, p. 934-938, 1994.
- BOLSANELLO, J., VIEIRA, C., SEDIYAMA, C. S., VIEIRA, H. A. Ensaios de adubação nitrogenada e fosfatada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona Metalúrgica de Minas Gerais. **Rev. Ceres**, v.22, n.124, p.423-430, 1975.
- BRAGA, J. M. Resposta do feijoeiro "Rico 23 " a aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Rev. Ceres**, v.19, n.103, p.222-226, 1972.
- BRODRICK, E. F., SAKALA, M. K., GILLER, K.E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N₂ fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biol. Fertil. Soil**, v.13, n.1, p.39, 1992.
- CABALLERO, S. U., LIBARDI, D. L., REICHARDT, K., MATSUI, E., VITÓRIA, R. L. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.20, n.9, p.1031-1040, 1985.
- CANDELA, M. I., TISHER, E. G., HEWITT, E. J. Molybdenum as a plant nutrient: Some factors affecting the activity of nitrate reductase in cauliflower plants grown with different nitrogen sources and molybdenum levels in sand culture. **Plant Physiol.**, v.32, n.1, p.280-288, 1957.

- CATALDO, D. A., HAROON, M., SCHARDER, M. Rapid colorimetric determination of nitrat in plante tissue by nitrification of salicylic acid. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.
- COBRA NETTO, A., ACCORSI, W. R., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiróz"**, v.28, n.1, p.257-274, 1971.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes, em Minas Gerais; 5ª aproximação.** Viçosa, MG: UFLA, 1999. 359p.
- CRAWFORD, N. M., WILKINSON, J. Q., LABRIE, S. T. Control of nitrate reduction In plants. **Aust. J. Plant Phisiol.**, v.19, n.1, p.377-85, 1992.
- CUESTA, R. R., LOPES, N. F., OLIVA, M. A., FRANCO, A. A. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. em função da fonte de nitrogênio. **Rev. Ceres**, v.42, n.242, p.405-422, 1995.
- DALLPAI, D. L. **Determinação espectrofométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 56p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- DAVIS, E.B. Factors affecting molybdenum availability in soils. **Soil Sci.**, v.81, n.1, p.209-221, 1956.
- DEL PELOSO, M. J. Ensaio preliminar de rendimento de feijão precoce sob condições de irrigação no Estado de Goiás. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO (GO, DF, MG, ES, SP, RJ), 1, 1988, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1988. p.87-88.
- DÖBEREINER, J., RUSCHEL, A. P. **Fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I – Influência do solo e da variedade.** Rio de Janeiro: Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, 1961. 16p. (Comunicado técnico).
- EDJE, O. T., MUGHOGHO, L. K., AYONOADO, U. W. U. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. **Agron. J.**, v.67, n.2, p.251-255, 1975.
- EIVAZI, F., SIMS, J. L., CRUTHFIELD, J. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid, automated method. **Soil Sci. Plant Anal.**, v.13, n.1, p.135-150, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA; Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos — CNLCS. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. Não paginado.

- EVANS, H. J. Role of molybdenum in plant nutrition. **Soil Sci.**, v.81, n.1, p.199-208, 1956.
- FELIX, J. F., OBATON, M., MESSIAEN, C. M. Nitrate reductase and nitrogenase activities of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from different geographic locations. **Plant Soil**, v.63, n.1, p.427-438, 1981.
- FOX, R. H., PIEKIELEK, W. P., MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n. 1, p.171-181, 1994.
- FRANCO, A. A., MUNNS, D. N. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiol.**, v.63, n. 1,, p.421-424, 1979.
- FRANCO, A.A., DAY, J.M. Effects of lime, molybdenum on nodulation and soils of Brazil. **Turrialba**, v.30, p.99-105, 1980.
- FRANCO, A.A., MUNNS, A.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Sci. Soc. Am.**, v.45, p.1144-1148, 1981.
- FUGE, R. An automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical**, v.95, n.1, p.171-176, 1970.
- GALLO, J. R., MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, v.20, n.1, p. 867-884, 1961.
- GIDDENS, J., PERKINS, H.F. Essentiality of molybdenum for alfalfa on highly oxidized piedmont soils. **Agron. J.**, v. 64, n. 1, p. 819-820, 1972.
- GIRARDIN, P., TOLLENAAR, M., MULDON, J. F. The effect of temporary N starvation on leaf photosyntetic rate and chlorophyll contend of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, v.65, n. 1, p.491-500, 1985.
- GRANADOS , A. R., ORTEGA, D. M., ZARATE, L. G. Influencia del peso seco y contenido de nitrogeno de los organos de la planta en el rendimiento y contenido de proteina del grano de frijol, *Phaseolus vulgaris* L. **Chapingo**, v.11/12, n.54/55, p.47-52, 1986/1987.
- GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 184p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- GUIMARÃES, T. G., FONTES, P. C. R., ALVAREZ, V. H. V., MONERAT, P. H. Utilização dos teores de clorofila determinados pelo método padrão e pelo medidor de clorofila portátil SPAD – 502, para avaliação do status nitrogenado do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.1, p.88, 1996.

- GUPTA, U. C., LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants and animals. **Adv. Agron.**, v.34, p.73-115, 1981.
- HARRIS, H. B., PARKER, M. B., JOHNSON, B. J. Influence of soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molybdenum. **Agron. J.**, v.57, n.4, p.397-399, 1965.
- HOROWITZ, A. Os ions do molibdênio no solo: um exemplo de aplicação dos diagramas EH-pH. **Rev. Bras. Cien. do Solo**, v.2, n.1, p.98-103, 1978.
- JACKSON, C. M. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965. 196p.
- JACOB NETO, J., FRANCO, A. A. Conteúdo de molibdênio nas sementes para auto - suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **An. Acad. Brasil. Cien.**, v.58, n.3, p.30-39, 1986.
- JUNQUEIRA NETO, A., SANTOS, O. S., ADAIR, H., Ensaio preliminares sobre aplicação de molibdênio e cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, v.24, n.1, p.628-633, 1977.
- KOCH, B., EVANS, H. J., RUSSEL, S. Reduction of acetilene and nitrogen gas by breis and cell free extracts of soybean root nodules. **Plant Physiol.**, v.42, n.1, p.466-467, 1967.
- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. **Plant Physiol.**, v.19, n.1, p.76-89, 1944.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronomica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E., KLIEMANN, H.S. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafós, 1985. 136p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEAGHER, W. R., JOHNSON, C. M., STOUT, P. R. Molybdenum requirement by leguminous plants supplied with fixed nitrogen. **Plant. Physiol.**, v.27, n.1, p.223-230, 1952.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. Nitrogen. In: MENGEL, K., KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. Switzerland: International Potash Institut, 1982. p.335-368.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

- MINOLTA CAMERA Co. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Japão: 1989. 22p.
- MINOTTI, P. L., HALSETH, D. E., SIECZKA, J. B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v.29, n.1, p.1497-500, 1994.
- PARBERY, N. H. The excessive uptake of Mn by beans showing scald and Mo deficiency: Its regulation by liming. **Agric. Gazete NSW**, v. 54, n.1, p.14-17, 1943.
- PENG, S., LAZA, M. R. C., GARCIA, F. V., CASSMAN, K. G. Chlorophyll meter estimates leaf area - based nitrogen concentration of rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, n.56, p.927-935, 1995.
- PIEKIELEK, W. P., FOX, R. H. Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agron. J.**, v.84, n.1, p.59-65, 1992.
- REIS, M. S., VIEIRA, C., BRAGA, J. M. Efeitos de fontes, de doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, v.19, n.101, p.25-42, 1972.
- RUANO, L. P. **Distribuição de ^{14}C fotoassimilados durante o desenvolvimento de plantas de *Phaseolus vulgaris* e seu correlacionamento com a fixação simbiótica de nitrogênio**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 33p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- RUSCHEL, A. P., JOSÉ, P. B., MATSUI, E., VICTÓRIA, R.L., SAITO, S. M. T. Field evaluation of N_2 – fixation and N – utilization by *Phaseolus* beans varieties determined by ^{15}N isotope dilution. **Plant and Soil**, v.65, n.1, p.397-407, 1982.
- RUSCHEL, A. P., SAITO, S. M. T., TULMANN NETO, A. Eficiência da inoculação de *Rhizobium* em *Phaseolus vulgaris* L. I. Efeito de fontes de nitrogênio e cultivares. **R. Bras. Ci. Solo**, v.3, n.1, p.13-17, 1979.
- SCHADCHINA, T. M., DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.1, p.1427-1437, 1995.
- SINHA, M.K. Organo-metalic phosphats. In: Interaçion of phosphorus compounds witch humic substancies. **Plant and Soil**, v.35, p.471-481, 1971.
- SIQUEIRA, C. **Adsorção de molibdato em latossolos sob vegetação de cerrado**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1976. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986. 86p.

- SMEAL, D., ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.1, p.1495-1503, 1994.
- SPRENT, J. I. **The biology of nitrogen-fixing organisms**. London: McGraw – Hill Book, 1979. 195p.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiol.** Redwood City: The Benjamin Cummings, 1991. 559p.
- TAKEBE, M., YONEYAMA, T. Measurements of leaf color scores and its implication for nitrogen nutrition of rice plants. **Japan Agriculture Research Quaterly**, v.23, n.1, p.86-93, 1989.
- TIFFIN, L. O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., GIORANO, P.M., LINDSAY, W. L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of América, 1972. p.199-229.
- VESSEY, J. K., WALSHI, K. A. Can a limitation in Phloem supply to nodules account for the inhibitory effects of nitrate on nitrogenase activity in soybeans. **Plant Physiol.**, v.74, n.1, p.137-46, 1988.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EPE, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C., PAULA JR., T. J., BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.123-151.
- VIEIRA, C., NOGUEIRA, A. O., ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Rev. Agric.**, v.67, n.2, p.117-124, 1992.
- VIEIRA, R. F., CARDOSO, E. J. B. N., VIEIRA, C., CASSINI, S. T. A. Foliar application of molybdenum in common beans. I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **J. Plant Nutr.**, v.21, n.1, p.169-180, 1998.
- VIEIRA, R. F., CARDOSO, E. J. B. N., VIEIRA, C., CASSINI, S. T. A. Foliar application of molybdenum in common beans. Effect on nodulation. **J. Plant Nutr.**, v.21, n.10, p.2153-2161, 1998a.
- WASKON, R. M., WESTFALL, D. G., SPELLMAN, D. E., SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.34, p.545-560, 1996.
- WHITE, J.M., IZQUIERDO, J. Physiology of yield potencial and stress tolerance. In: SCHOONHOVEN, A., VAN VOYSEST, O. **Common beans; research for crop Improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 287-382.

- WILSON, R. D. Molybdenum in relation to scald disease of beans. **Aus. J. Sci.**, v.11, n.1, p. 209-211, 1949.
- WOLFE, D. W., HENDERSON, D. W., HSIAO, T. C., ALVINO, A. Interactive water and nitrogen effects on senescences of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. **Agronomy Journal**, v.80, n.1, p.865-870, 1988.
- WOOD, C. W., REEVES, D. W., DUFFIELD, R. R., EDMISTEN, K. L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **J. Plant Nutr.**, v.15, n.1, p.487-500, 1992.
- YATSIMIRSKII, K. B. The use of catalytic reactions involving hydrogen peroxide in the study of the formation of complexes and the in the development of very sensitive analytical methods. In: BALANDIN, A.A., BIELANSKI, A., BORESKOV, G.K., BRETSZNAJDER, S., DUBININ, M.M., JEZOWSKATRZEBIATOWSKA, B., JOZEFOWWICS, E., KLABUNOVSKII, E. I., SOKALSKI, Z., TRESZCZANOWICS, E., TRZEBIATOWSKI, W., VASYUNINA, N. A., YATSIMIRSKII, K. B. (Eds.). **Catalysis and chemical kinetics**. New York, NY: Academic Press, 1964. p.201-206.

APENDICE

APÊNDICE

Quadro 1A - Análise de variância conjunta das duas épocas de plantio, do número de vagens/planta (VAGPL), das sementes/vagem (SEMVAG), do peso de 100 sementes (P100SEM) e de produtividade de grãos (PROD)

F.A.	GL	Médias e Desvios Padrão			
		VAGPL	SEMVAG	P100SEM	PROD
BLOCO/Épocas	6	0,58	0,12	2,40	55,90,15
Épocas	1	0,34	0,29*	22,74*	2.208,896,00*
ADUBAÇÕES	(15)	139,34*	27,45	58,32*	12.893,012,02*
Doses Mo	3	51,00*	9,42*	54,75*	5.601,911,80*
Doses Np	1	42,42*	11,31	4,38*	2.336,643,02*
Doses Mo x Np	3	4,64*	2,72	2,16*	405,977,30*
Doses Np	1	2,63*	0,81*	11,23	1.942,426,32*
Doses Mo x Np	3	4,58*	0,85*	9,79*	200,729,10*
Doses Np x Nc	1	1,77*	0,22	4,97*	640,705,30*
Doses Mo x Np x Nc	3	0,68	0,72*	0,97*	34,077,72
Épocas/ADUBAÇÕES	(18)	13,82*	3,00*	25,95*	1.173,411,32*
Épocas x doses Mo	3	1,02	1,51*	9,69*	332,783,00*
Épocas x doses Np	1	4,43*	0,52	52,37*	54,640,79
Épocas x doses Mo x Np	3	2,28	0,14	202,04	422,816,00*
Épocas x doses Np	1	2,71	0,019	3,40*	170,469,60*
Épocas x doses Mo x Np	3	2,71	0,06*	1,81*	62,330,65
Épocas x doses Np x Nc	1	1,79*	0,17	5,04*	51,746,32
Épocas x doses Mo x Np x Nc	3	0,60*	0,03*	4,41	62,939,46
RESÍDUO	90	0,30	0,11	0,23	39,596,88
G.V.(%)		12,39	7,89	2,59	13,53

APÊNDICE

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo - Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

APÊNDICE

Quadro 1A – Análise de variância conjunta das duas épocas de plantio, do número de vagens/planta (VAGPL), das sementes/vagem (SEMVAG), do peso de 100 sementes (P100SEM) e da produtividade de grãos (PROD)

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO			
		VAGPL	SEMVAG	P100SEM	PROD
BLOCO/Épocas	6	0,68	0,13	0,60 *	96.500,13 *
Épocas	1	0,34	6,28 *	53,54 *	2.206.885,00 *
ADUBAÇÕES	(15)	120,34 *	27,88 *	85,22 *	12.893.012,02 *
Doses Mo	3	61,06 *	2,97 *	54,73 *	6.601.911,00 *
Doses Nc	1	42,49 *	11,31	4,94 *	3.336.643,00 *
Doses Mo x Nc	3	4,54 *	2,72 *	8,18 *	406.977,30 *
Doses Np	1	5,53 *	9,91 *	11,23 *	1.642.429,00 *
Doses Mo x Np	3	4,56 *	0,86 *	5,76 *	200.729,10 *
Doses Np x Nc	1	1,77 *	0,22	0,07	649.705,90 *
Doses Mo x Nc x Np	3	0,89	0,73 *	0,61	54.616,72
Épocas/ADUBAÇÕES	(15)	13,92 *	3,66 *	31,85 *	1.177.411,22 *
Épocas x doses Mo	3	1,02	1,51 *	0,69 *	332.793,90 *
Épocas x doses Nc	1	4,45 *	0,32	20,37 *	54.649,79
Épocas x doses Mo x Nc	3	3,35 *	0,14	.38E-04	422.815,80 *
Épocas x doses Np	1	0,0003	0,015	3,43 *	179.469,50 *
Épocas x doses Mo x Np	3	2,71 *	0,66 *	1,81 *	92.935,85
Épocas x doses Np x Nc	1	1,79 *	0,17	5,04 *	31.746,92
Épocas x doses Mo x Np x Nc	3	0,60 *	0,85 *	0,51	62.999,46
RESÍDUO	90	0,38	0,11	0,23	39.585,68
C. V.(%)		12,39	7,89	2,54	15,63

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 2A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Nc e do número de vagens/planta (VAGPL)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Nc=0	3	40,64 *
Linear	1	97,85 *
Quadrática	1	24,08 *
Desvio	1	0,0021
Doses Mo/Nc=50	3	24,95 *
Linear	1	36,90 *
Quadrática	1	24,96 *
Desvio	1	12,99 *
Nc/Mo=0	1	20,03 *
Nc/Mo=40	1	31,16 *
Nc/Mo=80	1	0,99
Nc/Mo=120	1	3,91 *
RESÍDUO	90	0,38

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 3A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Np, em vagens por planta (VAGPL)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Np=0	3	41,16 *
Linear	1	106,27 *
Quadrática	1	16,05 *
Desvio	1	1,17
Doses Mo/Np=20	3	24,46 *
Linear	1	32,01 *
Quadrática	1	34,78 *
Desvio	1	6,59 *
Np/Mo=0	1	6,14 *
Np/Mo=40	1	10,78 *
Np/Mo=80	1	0,16
Np/Mo=120	1	2,14 *
RESÍDUO	90	0,38

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 4A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Np x Nc, em vagens por planta (VAGPL)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Nc/Np=0	1	13,45 *
Nc/Np=20	1	30,80 *
Np/Nc=0	1	0,52
Np/Nc=50	1	6,77 *
RESÍDUO	90	0,38

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.
Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Linear	1	0,20
Quadrática	1	2,90 *
Desvio	1	3,59 *
Quadrática	1	3,57 *
Desvio	1	0,30
Dosss Mo/Np=20/Nc=50	3	0,58 *
Linear	1	1,70 *
Quadrática	1	0,0078
Desvio	1	0,054
Np/Mo=0/Nc=0	1	0,53 *
Np/Mo=40/Nc=0	1	6,90 *
Np/Mo=80/Nc=0	1	1,22 *
Np/Mo=120/Nc=0	1	0,72 *
Np/Mo=0/Nc=50	1	0,016
Np/Mo=40/Nc=50	1	0,81 *
Np/Mo=80/Nc=50	1	5,69 *
Np/Mo=120/Nc=50	1	0,24
Nc/Mo=0/Np=0	1	7,40 *
Nc/Mo=40/Np=0	1	2,90 *
Nc/Mo=80/Np=0	1	0,23
Nc/Mo=120/Np=0	1	2,25 *
Nc/Mo=0/Np=20	1	4,30 *
Nc/Mo=40/Np=20	1	2,0056
Nc/Mo=80/Np=20	1	0,49 *
Nc/Mo=120/Np=20	1	1,55 *
RESÍDUO	90	0,11

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.
Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 5A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Np x Nc, em sementes por vagem (SEMVAG)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Np=0/Nc=0	3	1,85 *
Linear	1	4,85 *
Quadrática	1	0,25
Desvio	1	0,45 *
Doses Mo/Np=0/Nc=50	3	1,48 *
Linear	1	0,20
Quadrática	1	2,90 *
Desvio	1	1,35 *
Doses Mo/Np=20/Nc=0	3	2,51 *
Linear	1	3,59 *
Quadrática	1	3,57 *
Desvio	1	0,38
Doses Mo/Np=20/Nc=50	3	0,58 *
Linear	1	1,70 *
Quadrática	1	0,0078
Desvio	1	0,054
Np/Mo=0/Nc=0	1	0,53 *
Np/Mo=40/Nc=0	1	5,90 *
Np/Mo=80/Nc=0	1	1,22 *
Np/Mo=120/Nc=0	1	0,72 *
Np/Mo=0/Nc=50	1	0,016
Np/Mo=40/Nc=50	1	0,61 *
Np/Mo=80/Nc=50	1	5,66 *
Np/Mo=120/Nc=50	1	0,24
Nc/Mo=0/Np=0	1	7,16 *
Nc/Mo=40/Np=0	1	2,96 *
Nc/Mo=80/Np=0	1	0,33
Nc/Mo=120/Np=0	1	2,55 *
Nc/Mo=0/Np=20	1	4,30 *
Nc/Mo=40/Np=20	1	0,0056
Nc/Mo=80/Np=20	1	0,48 *
Nc/Mo=120/Np=20	1	1,55 *
RESÍDUO	90	0,11

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 6A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Nc, em peso de 100 sementes (P100SEM)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Nc=0	3	48,85 *
Linear	1	99,92 *
Quadrática	1	46,41 *
Desvio	1	0,23
Doses Mo/Nc=50	3	14,05 *
Linear	1	21,46 *
Quadrática	1	10,37 *
Desvio	1	10,32 *
Nc/Mo=0	1	20,20 *
Nc/Mo=40	1	3,93 *
Nc/Mo=80	1	5,28 *
Nc/Mo=120	1	0,07
RESÍDUO	90	0,23

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 7A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Np, em peso de 100 sementes (P100SEM)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Np=0	3	18,31 *
Linear	1	48,85 *
Quadrática	1	5,77 *
Desvio	1	0,29
Doses Mo/Np=20	3	42,18 *
Linear	1	58,35 *
Quadrática	1	58,23 *
Desvio	1	9,95 *
Np/Mo=0	1	0,79
Np/Mo=40	1	21,71 *
Np/Mo=80	1	5,71 *
Np/Mo=120	1	0,30
RESÍDUO	90	0,23

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 8A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Np, na produtividade de grãos (PROD)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Np=0	3	3.207.334,00 *
Linear	1	7.222.527,00 *
Quadrática	1	1.399.456,00 *
Desvio	1	1.000.009,00 *
Doses Mo/Np=20	3	3.595.307,00 *
Linear	1	5.296.369,00 *
Quadrática	1	4.815.880,00 *
Desvio	1	673.671,30 *
Np/Mo=0	1	244.665,80 *
Np/Mo=40	1	949.542,00 *
Np/Mo=80	1	1.045.270,00 *
Np/Mo=120	1	5.137,92 *
RESÍDUO	90	39.585,68

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 9A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Nc, na produtividade de grãos (PROD)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Nc=0	3	4.477.223,00 *
Linear	1	8.403.037,00 *
Quadrática	1	4.806.945,00 *
Desvio	1	221.683,30 *
Doses Mo/Nc=50	3	2.531.667,00 *
Linear	1	4.368.359,00 *
Quadrática	1	1.404.278,00 *
Desvio	1	182.236,00 *
Nc/Mo=0	1	2.292.588,00 *
Nc/Mo=40	1	1.214.426,00 *
Nc/Mo=80	1	150,36
Nc/Mo=120	1	1.050.409,00 *
RESÍDUO	90	39.585,68

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 10A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Np x Nc, na produtividade de grãos (PROD)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Nc/Np=0	1	520.816,60 *
Nc/Np=20	1	3.465.532,00 *
Np/Nc=0	1	113.064,10
Np/Nc=50	1	2.179.070,00 *
RESÍDUO	90	39.585,68

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 11A – Análise de variância dos resultados de conteúdo de molibdênio nas sementes (CONTMGS) do experimento da primavera-verão/97 (2ª época)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO CONTMGS
Blocos	3	0,06284
Doses Np	1	0,00052
Doses Nc	1	0,52187 *
Doses Mo	3	0,57878 *
Doses Np x Nc	1	0,00425
Doses Np x Mo	3	0,01827
Doses Nc x Mo	3	0,20298 *
Doses Np x Nc x Mo	3	0,01959
RESÍDUO	45	0,04944
C. V. (%)		68,34

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 12A – Análise de variância da regressão do desdobramento da interação Np x Mo e do conteúdo de molibdênio nas sementes (CONTMGS), no experimento da primavera-verão/97 (2ª época)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Np=0	3	0,1276
Linear	1	0,1827
Quadrática	1	0,1919
Desvio	1	0,0081
Doses Mo/Np=20	3	0,6145 *
Linear	1	1,9505 *
Quadrática	1	0,0032
Desvio	1	0,0055
Np/Mo=0	1	0,0599
Np/Mo=40	1	0,0879 *
Np/Mo=80	1	0,3024 *
Np/Mo=120	1	0,3805 *
RESÍDUO	45	0,0494

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 13A – Análises de variância da leitura de clorofila (CLOROF) realizada oito dias após a aplicação de Mo e N em cobertura, no experimento da primavera-verão/97 (2ª época)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO (CLOROF)
Blocos	3	6,25
Doses Nc	1	142,20 *
Doses Np	1	0,18
Doses Mo	3	81,48 *
Doses Nc x Np	1	2,55
Doses Nc x Mo	3	15,02 *
Doses Np x Mo	3	6,61
Doses Nc x Np x Mo	3	4,37
RESÍDUO	45	4,00
C. V. (%)		6,07

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 14A – Análise de variância da regressão do desdobramento da interação Nc x Mo da leitura de clorofila (CLOROF) nas folhas do feijoeiro, no experimento da primavera-verão/97 (2ª época)

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Nc=0	3	80,06 *
Linear	1	169,95 *
Quadrática	1	62,44 *
Desvio	1	7,78
Doses Mo/Nc=50	3	16,44 *
Linear	1	24,10 *
Quadrática	1	9,79
Desvio	1	15,43
Nc/Mo=0	1	128,25 *
Nc/Mo=40	1	37,21 *
Nc/Mo=80	1	6,00
Nc/Mo=120	1	15,80
RESÍDUO	45	4,00

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nc, Np e Mo – Nitrogênio em cobertura, nitrogênio no plantio e molibdênio, respectivamente.

Quadro 15A – Análise de variância dos dados médios de nitrogênio (NTF) nas folhas do feijoeiro, nas duas épocas de semeadura

F. V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS NTF
BLOCOS/ÉPOCAS	6	0,4517 *
Épocas	1	235,5806 *
ADUBAÇÕES	(15)	64,3056 *
Doses Mo	3	16,4359 *
Doses Nc	1	38,4455 *
Doses Mo x Nc	3	2,4460 *
Doses Np	1	5,6574 *
Doses Mo x Np	3	0,2405
Doses Np x Nc	1	0,6917 *
Doses Mo x Np x Nc	3	0,3886
ADUBAÇÕES/ÉPOCAS	(15)	4,714 *
Épocas x doses Mo	3	1,2011 *
Épocas x doses Nc	1	1,8504 *
Épocas x doses Mo x Nc	3	0,7423 *
Épocas x doses Np	1	0,4289
Épocas x doses Mo x Np	3	0,1229
Épocas x doses Np x Nc	1	0,1182
Épocas x doses Mo x Np x Nc	3	0,2502
RESÍDUO	90	0,1429
C.V. (%)		8,11

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.
Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente.

Quadro 16A – Análise de variância conjunta da regressão do desdobramento da interação Mo x Nc e de nitrogênio (NTF) nas folhas do feijoeiro

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Doses Mo/Nc=0	3	15,4277 *
Linear	1	24,3266 *
Quadrática	1	17,6295 *
Desvio	1	4,3268 *
Doses Mo/Nc=50	3	3,4543 *
Linear	1	4,6224 *
Quadrática	1	2,4964 *
Desvio	1	3,2441 *
Nc/Mo=0	1	29,0512 *
Nc/Mo=40	1	6,1600 *
Nc/Mo=80	1	3,4848 *
Nc/Mo=120	1	7,0876 *
RESÍDUO	90	0,1424

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente.

Quadro 17A – Análise de variância conjunta do desdobramento da interação Np x Nc e de nitrogênio nas folhas (NTF) do feijoeiro

F. V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO
Np/Nc=0	1	1,1963 *
Np/Nc=50	1	5,1529 *
Nc/Np=0	1	24,7257 *
Nc/Np=20	1	14,4115 *
RESÍDUO	90	0,1429

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Mo, Np e Nc – Molibdênio, nitrogênio no plantio e nitrogênio em cobertura, respectivamente.