

LUCIO PEREIRA SANTOS

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA NA CULTURA DA
SOJA, EM VIÇOSA E COIMBRA, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
1999

LUCIO PEREIRA SANTOS

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA NA CULTURA DA
SOJA, EM VIÇOSA E COIMBRA, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

Aprovada: 21 de dezembro de 1998.

Prof. Tuneo Sedyama
(Conselheiro)

Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama
(Conselheiro)

Prof. Victor Hugo Alvarez V.

Prof. Paulo Roberto Gomes Pereira

Prof. Clibas Vieira
(Orientador)

A Deus, por ter iluminado a minha mente e conduzido os meus passos.

Aos meus pais, Paulo Moreira Santos e Neusa Alvim Pereira Santos.

Ao meu avô, Romeu Leopoldino Pereira (*in memoriam*).

A todos os meus familiares e amigos.

À comunidade científica.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade da realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa de estudo complementar.

Ao professor Clibas Vieira, pela orientação e pelos exemplos de competência e profissionalismo.

Ao professor Carlos Sigueyuki Sedyama, pela valiosa orientação nas análises estatísticas e pelas sugestões apresentadas.

Ao professor Tuneo Sedyama, pela co-orientação e sugestões para as pesquisas.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos transmitidos.

À Márcia Mendes, pelo auxílio na digitação dos textos.

À Silvana Lages Ribeiro Garcia, pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos amigos e companheiros de república Vilmar Verdade Signoretti Junior, Jorge Fernando Pereira e Ricardo Dias Signoretti, pelos momentos de dificuldade e de glória compartilhados.

A todos os professores, funcionários e colegas do Departamento de Fitotecnia, pelo convívio e amizade compartilhados.

Aos funcionários da UFV, do Campo Experimental de Coimbra e do Fundão (setor soja), especialmente à Gino, e ainda aos funcionários da EPAMIG, Gerson, Divino e Canuto, pelo grande apoio na realização dos trabalhos de campo.

Aos companheiros de pós-graduação.

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

BIOGRAFIA

LUCIO PEREIRA SANTOS, filho de Paulo Moreira Santos e de Neusa Alvim Pereira Santos, nasceu em Machado, Minas Gerais, aos oito dias de junho do ano de 1960.

Em julho de 1984, recebeu o título de Engenheiro-Agrônomo, conferido pela Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado – ESACMA, em Machado, MG.

De fevereiro de 1985 a janeiro de 1986, participou do Programa de Integração Ensino Pesquisa (PIEP VI), Convênio CNPq/EMBRAPA, na condição de estagiário-bolsista, junto à Fazenda Experimental de Machado, pertencente à EPAMIG.

De março de 1986 a abril de 1988, trabalhou na Prefeitura Municipal de Machado, exercendo o cargo de Assessor de Planejamento e Coordenação.

De abril de 1988 a novembro do mesmo ano, trabalhou na empresa Sociedade Agrícola Monte Alegre, sediada em Monte Belo, MG, onde ocupou o cargo de Gerente do Departamento Agrícola.

Em fevereiro de 1993, recebeu o título de *Magister Scientiae* em Fitotecnia, conferido pela Universidade Federal de Lavras.

Em março de 1994, iniciou o curso de pós-graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Respostas da soja ao nitrogênio	3
2.2. Respostas da soja ao Molibdênio	7
2.3. Respostas da Soja à Inoculação com <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Início da floração	28
4.2. Teor de N total nas folhas	39
4.2.1. Ano agrícola de 1995/96	39
4.2.1.1. Viçosa	39
4.2.1.2. Coimbra	43
4.2.2. Ano agrícola de 1996/97	45
4.2.2.1. Viçosa	45
4.2.2.2. Coimbra	48
4.3. Índice de nitrato	50
4.3.1. Ano agrícola de 1995/96	50
4.3.1.1. Viçosa	51
4.3.1.2. Coimbra	53
4.3.2. Ano agrícola de 1996/97	53
4.3.2.1. Viçosa	53

4.3.2.2. Coimbra.....	53
4.4. Grau de acamamento.....	56
4.5. Altura de Planta.....	57
4.5.1. Ano agrícola de 1995/96.....	57
4.5.1.1. Viçosa.....	57
4.5.1.2. Coimbra.....	57
4.5.2. Ano agrícola de 1996/97.....	59
4.5.2.1. Viçosa.....	59
4.5.2.2. Coimbra.....	61
4.6. Altura da primeira vagem.....	63
4.6.1. Ano agrícola de 1995/96.....	63
4.6.1.1. Viçosa.....	63
4.6.1.2. Coimbra.....	64
4.6.2. Ano agrícola de 1996/97.....	65
4.6.2.1. Viçosa.....	66
4.6.2.2. Coimbra.....	66
4.7. “Stand” Final.....	69
4.7.1. Ano agrícola de 1995/96.....	69
4.7.1.1. Viçosa.....	69
4.7.1.2. Coimbra.....	69
4.7.2. Ano agrícola de 1996/97.....	71
4.7.2.1. Viçosa.....	72
4.7.2.2. Coimbra.....	74
4.8. Produtividade de grãos.....	74
4.8.1. Ano agrícola de 1995/96.....	74
4.8.1.1. Viçosa.....	75
4.8.1.2. Coimbra.....	77
4.8.2. Ano agrícola de 1996/97.....	78
4.8.2.1. Viçosa.....	78
4.8.2.2. Coimbra.....	81
4.9. Teor de proteína bruta (PB) nos grãos.....	84
4.9.1. Ano agrícola de 1995/96.....	84
4.9.1.1. Viçosa.....	84
4.9.1.2. Coimbra.....	85
4.9.2. Ano agrícola de 1996/97.....	86
4.9.2.1. Viçosa.....	88
4.9.2.2. Coimbra.....	90
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

EXTRATO

SANTOS, Lucio Pereira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 1999.
Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura da soja, em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais. Orientador: Clibas Vieira. Conselheiros: Tuneo Sedyama e Carlos Sigueyuki Sedyama.

Avaliaram-se, em dois municípios da Zona da Mata de Minas Gerais, os efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre a cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Quatro experimentos foram conduzidos em campo, sendo dois em Coimbra e dois em Viçosa. Neles, combinaram-se as doses de 0, 40, 80 e 120 kg/ha de N (aplicação em cobertura) com 0, 40, 80 e 120 g/ha de Mo (em aplicação foliar). Compararam-se também as aplicações de Mo nas folhas aos 27 dias após a emergência e nas sementes por ocasião do plantio. Os resultados mostraram que: 1) as adubações nitrogenada e molíbdica não afetaram o número de dias da emergência até o florescimento nem o grau de acamamento por ocasião da maturação; 2) de modo geral, tanto a aplicação de Mo como de N aumentaram o teor de N total nas folhas; 3) de modo geral, o índice de nitrato foi elevado mais pela adubação nitrogenada que pela molíbdica; 4) a altura das plantas aumentou tanto pela adubação molíbdica como, principalmente, pela nitrogenada; 5) a altura da primeira vagem aumentou com a

adubação nitrogenada e diminuiu com a adubação molíbdica; 6) de modo geral, o “stand” final foi pouco afetado pela aplicação de N e Mo; 7) de modo geral, a adubação com N e, principalmente, com Mo foi favorável à produção; 8) o teor de proteína bruta nas sementes foi, geralmente, aumentado pela aplicação do Mo e, às vezes, pela do N; 9) a dose mais favorável de Mo em aplicação foliar variou de 80 a 100 g/ha, e 10) não ocorreram diferenças apreciáveis nas características quando a mesma dose do micronutriente foi pulverizada nas folhas ou aplicada às sementes por ocasião do plantio.

ABSTRACT

SANTOS, Lucio Pereira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, June, 1999.
Nitrogen and molybdenum fertilization on soybean grown, in Viçosa and Coimbra, Minas Gerais. Adviser: Clibas Vieira. Committee Members: Tuneo Sedyama and Carlos Sigueyuki Sedyama.

The effects of N and Mo applications were evaluated on soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars grown in two Zona da Mata counties. Four field experiments were carried out, two in Coimbra and two in Viçosa, by using a combined dose of 0, 40, 80 and 120 kg/ha of side dressing N plus 0, 40, 80 and 120 g/ha of leaf Mo. Applications of Mo on the leaves at 27 days after emergence and on the seeds at planting were also compared. The results showed that: 1) N and Mo rates did not affect the number of emergence days up to flowering nor the degree of lodging at maturation; 2) overall, both Mo and N applications increased total leaf N content; 3) overall, nitrate index increased due rather to N application than to Mo; 4) plant height increased both due to Mo and, mainly, to N applications; 5) the first pod height increased with fertilizer N and decreased with Mo; 6) overall, the final stand was little affected by N and Mo applications; 7) overall, N, and mainly Mo application, showed to be favorable to yield; 8) crude protein content in seeds usually increased with Mo and, sometimes, N application; 9) the most

favorable leaf Mo dose varied from 80 to 100 g/ha; 10) no significant differences were observed when the same dose of micronutrient was sprayed on the leaves or applied to the seeds at planting.

1. INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo. O complexo soja tem expressiva participação na pauta de divisas brasileira, constituindo-se no principal item agrícola em termos de valor, respondendo por cerca de 10 % do valor total das exportações. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja em grão (26,1 milhões de toneladas) e figura como o maior exportador de farelo e como segundo colocado no de soja em grão e óleo (ROCHA e NOGUEIRA JUNIOR, 1998). Devido a essa posição de destaque, a cultura vem ocupando novas fronteiras agrícolas, caracterizadas por solos de baixa fertilidade, que exigem adubações mais pesadas e completas.

É indiscutível a importância do nitrogênio e do molibdênio na nutrição da soja. Entretanto, os estudos acerca da eficiência e modo de aplicação desses nutrientes ainda não são conclusivos.

Segundo MALAVOLTA (1981), entre os elementos essenciais para a vida da planta há mais átomos de nitrogênio na matéria seca (cerca de 3 vezes mais) do que qualquer outro elemento. Esse nutriente é utilizado para a síntese de aminoácidos, proteínas, clorofila, vitaminas, enzimas e hormônios, tornando-se de vital importância para que a soja possa atingir um desenvolvimento normal e formar grãos de alta qualidade.

Por sua vez, conforme DECHEN et al. (1991b), o molibdênio é o micronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas e é também o que

ocorre em menor concentração nos solos. As crucíferas (couve-flor, repolho) e as leguminosas são as plantas mais exigentes.

Nos sistemas biológicos, o molibdênio é constituinte de, pelo menos, cinco enzimas catalizadoras de reações. Três dessas enzimas (redutase do nitrato, nitrogenase e oxidase do sulfito) são encontradas em plantas superiores (GUPTA e LIPSETT, 1981).

A função mais importante do molibdênio nas plantas está associada com o metabolismo do nitrogênio. Esta função está relacionada à ativação enzimática, principalmente com as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (DECHEN et al., 1991a). A nitrogenase catalisa a redução do N_2 atmosférico a NH_3 , reação pela qual o *Rhizobium* dos nódulos radiculares supre de nitrogênio a planta hospedeira. Por esta razão, leguminosas deficientes em molibdênio, freqüentemente, apresentam sintomas de deficiência de nitrogênio (ADRIANO, 1986). O molibdênio também é necessário para as plantas quando o nitrogênio é absorvido na forma de NO_3^- , porque é componente da enzima redutase do nitrato, que catalisa a redução biológica do NO_3^- a NO_2^- , o primeiro passo para a incorporação do nitrogênio, como NH_2 , em proteínas (DECHEN et al., 1991b).

Na literatura, os resultados de pesquisa sobre o aumento da produtividade da cultura da soja com a fertilização nitrogenada são contraditórios. Por sua vez, a adubação molíbdica, na maioria dos casos, tem proporcionado resultados positivos.

Estudos realizados na Zona da Mata de Minas Gerais têm mostrado acentuado aumento de produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com a aplicação das adubações nitrogenada e molíbdica (VIEIRA et al., 1992; BERGER, 1995; AMANE et al., 1994; AMANE, 1997).

Os estudos sobre a associação das adubações nitrogenada e molíbdica na cultura da soja são consideravelmente recentes, no Brasil. Neste trabalho, procuraram-se avaliar, em dois municípios da Zona da Mata de Minas Gerais, os efeitos da associação de doses de N e Mo sobre essa cultura, em vista dos excelentes resultados alcançados com a cultura do feijão nessa zona.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Respostas da soja ao nitrogênio

O N é um dos elementos que, após o C, o H e o O, está presente em maior quantidade nas plantas, desempenhando função decisiva na fisiologia delas, atuando tanto na sua estrutura quanto no seu metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 1991).

O metabolismo do C e a assimilação do N estão fortemente acoplados. A energia e os esqueletos carbonados, para assimilação do N, são provenientes do metabolismo do C e a produção de novos tecidos é controlada pelo suprimento de N. O N altera a composição da planta de forma mais intensa do que qualquer outro nutriente, refletindo a competição, por fotossintatos, entre as várias rotas metabólicas (MARSCHNER, 1995).

O N afeta a formação de raízes, fotossíntese, e também a formação de órgãos florais, a produção, a acumulação e a translocação de assimilados. Além disso, o N também está envolvido diretamente no processo de expansão foliar (NATR, 1992; MARSCHNER, 1995). O decréscimo na taxa de crescimento foliar, e a conseqüente redução no tamanho das folhas, parece ser o maior resultado da deficiência de N nas plantas (TESAROVA e NATR, 1986; NATR, 1992).

As leguminosas podem utilizar nitrato e amônio como fontes de nitrogênio, além do N atmosférico quando em associação simbiótica com

rizóbios. Em plantas típicas de clima temperado, os compostos nitrogenados provenientes do sistema radicular são exportados para a parte aérea, principalmente na forma de amidas e aminoácidos, enquanto as leguminosas tropicais nodulantes, como soja e feijão, transportam os solutos nitrogenados principalmente na forma de ureídeos (MOSQUIM e SODEK, 1992). Os ureídeos (alantoína e ácido alantóico) são as formas mais eficientes de transporte de N, em termos de uso de carbono e síntese energética. O aumento da produção e transporte desses compostos para a parte aérea favorece melhores índices de colheita, enquanto o fornecimento de N na forma de nitrato favorece o crescimento vegetativo, com apresentação de um índice de colheita menor, indicando que a transferência para as sementes é ineficiente (ROSSUM et al., 1993).

Dentre os muitos fatores que contribuem para aumentar a produtividade, é de fundamental importância uma maior disponibilidade de nitrogênio nos estádios críticos do crescimento (NEVES et al., 1982). Grande variabilidade é observada entre as diferentes espécies de leguminosas quanto às variações estacionais da atividade da nitrogenase. Atividades máximas são observadas ora no período vegetativo, ora na floração ou no período de enchimento de sementes, ocorrendo, em algumas espécies, até mesmo dois períodos distintos de atividades máximas (MINCHIN et al., 1981), dependendo tanto da espécie como do cultivar, espécies de *Rhizobium* e das condições ambientais em que os experimentos foram conduzidos. A assimilação de nitratos do solo, nos períodos de baixa atividade da nitrogenase, pode, em grande parte, contribuir para a economia de nitrogênio nas plantas. Entretanto, a atividade da nitrato-redutase também está sujeita a variações estacionais, já relatadas para *Glycine max* (STREETER, 1972; THIBODEAU e JAWORSKI, 1975; FRANCO et al., 1978).

A absorção do N pela planta é afetada pelas condições ambientais (temperatura, aeração, pH do solo, atividade de outros elementos na solução, estresse hídrico e concentração do sal na zona radicular), sendo também dependente do genótipo. A taxa de absorção do N varia durante o ciclo de vida da planta. A maior quantidade é absorvida durante o estágio vegetativo e, desta, a maior parte é translocada para a semente durante o período de enchimento.

Na década de 40, NORMAN e KRAMPITZ (1945) afirmavam que a simbiose com rizóbios poderia suprir todo o nitrogênio que a planta necessita. Porém, pesquisas vieram a indicar que os teores de nitrogênio provenientes da fixação poderiam ser bem baixos. Apoiados em resultados de experimentos comparando o teor de N de plantas nodulantes e não-nodulantes, HANWAY e WEBER (1971) observaram acúmulo de 230 a 300 kg/ha de N nas sementes, vagens, caules e folhas + pecíolos, mas com 65 % do N nas sementes (150 a 200 kg/ha de N), e concluíram que somente 25 % deste N, nesta parte da planta, era proveniente da fixação simbiótica.

WEBER (1966) observou que produções de soja nodulante e não-nodulante não variavam em presença de N adicionado ao solo, havendo menor incremento em soja nodulante à medida que o nível de N aumentava, concluindo que a fixação biológica de N poderia ser equivalente às adubações nitrogenadas aplicadas.

Alguns autores (Allos e Bartholomeu, 1959; Bergersen, 1959 e Franco et al., 1978), citados por VARGAS et al. (1982), sugerem que as plantas jovens de soja necessitam de uma certa quantidade de nitrogênio, até que o processo de fixação do N_2 se inicie. Segundo HARDY et al. (1971), a fixação do nitrogênio atmosférico aparece normalmente entre três e cinco semanas na soja. Nessa fase inicial do ciclo, a demanda por nitrogênio é relativamente baixa, mas uma certa quantidade de N no solo poderia estimular o crescimento inicial das plantas e formação dos nódulos. DE MOOY et al. (1973) citam que a nodulação da soja é influenciada pela quantidade de nitrogênio disponível no solo. HATFIELD et al. (1974) obtiveram aumento significativo no número de nódulos na soja com a aplicação de pequenas doses de N após a emergência das plântulas. Por outro lado, de acordo com SIQUEIRA e FRANCO (1988) na simbiose das leguminosas com rizóbios, o excesso de N combinado afeta, em diferentes magnitudes, o processo de infecção, a taxa de fixação e o número de nódulos formados.

Comparando o fornecimento de N (nitrato de amônio) e de Mo (molibdato de amônio) para duas variedades de soja, uma nodulante e outra não-nodulante, PARKER e HARRIS (1977) observaram que a não-nodulante respondeu ao nitrogênio mineral tanto na ausência como na presença de molibdênio, o que

pôde ser verificado pelo aumento dos teores de nitrogênio nas folhas e pela produção. Por sua vez, a soja nodulante respondeu ao nitrogênio apenas na ausência do molibdênio.

Estudando o efeito da aplicação de N mineral na cultura da soja, VARGAS et al. (1982) concluíram que não houve efeito das doses de N, aplicadas quatro dias após a emergência, no rendimento e no teor de N total das sementes. Estes resultados concordam com os obtidos por Franco et al. (1978); Hathcock (1975) e Sij et al. (1979), citados por VARGAS et al. (1982).

VARGAS e SUHET (1980), estudando o efeito de níveis de inoculantes e o comportamento de quatro inoculantes, incluíram dois tratamentos (inoculados) com 400 kg/ha de N, na forma de uréia, dividido em cinco aplicações em cobertura. Em um destes tratamentos, foram feitas aplicações suplementares de N por via foliar (46 kg/ha de N, divididos em cinco aplicações semanais, a partir do início da formação dos grãos). Concluíram que os tratamentos com N mineral proporcionaram rendimento de grãos e N total superiores aos obtidos nos tratamentos apenas com inoculação.

RUSCHEL e FREITAS (1984) afirmam que a soja utiliza o N do fertilizante igualmente, se aplicado no plantio ou na floração.

OLIVEIRA et al. (1991), estudando o efeito de estirpes de rizóbio originais e isoladas do solo e a adição de sulfato de amônio (80 kg/ha de N: 40 kg/ha no plantio e 40 kg/ha em cobertura), concluíram que este último tratamento não diferiu dos inoculados, quanto à produtividade.

MAEDA e KURIHARA (1995) fizeram a inoculação de sementes com diferentes combinações de estirpes de *B. japonicum* e compararam-nas com um tratamento, sem inoculação, com 400 kg/ha de N (na forma de uréia) dividido em dez aplicações semanais, a lanço, de 40 kg/ha de N cada, iniciadas na semeadura; concluíram que a uréia foi o único tratamento que elevou significativamente o rendimento de grãos, com ganho de 417 kg/ha em relação à testemunha (sem inoculação). Contudo, não verificaram um aumento correspondente no teor de nitrogênio nas folhas.

RUIZ et al. (1995), com o objetivo de determinar os níveis críticos de N e P em plantas de soja, empregaram diferentes doses desses nutrientes, sem e

com inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, concluindo que a concentração crítica de N nas folhas foi menor nas plantas não-inoculadas do que nas inoculadas (2,45 e 3,02 dag/kg, respectivamente); no resto da parte aérea, essas grandezas foram inversas: 1,65 dag/kg para as não-inoculadas e 1,61 dag/kg para as inoculadas.

NOVO et al. (1997) observaram que a adubação nitrogenada afetou negativamente o processo de nodulação e fixação simbiótica do nitrogênio, em dois genótipos de soja cultivados no inverno, concluindo ainda que nesta estação, nos três locais estudados, deve-se adicionar nitrogênio para maximizar a produção.

Com os objetivos de quantificar as absorções e as exportações de nutrientes pela cultura da soja, TANAKA et al. (1997) testaram cinco cultivares de ampla variação quanto ao ciclo, concluindo que o N foi o mais absorvido e o mais exportado por intermédio das sementes.

2.2. Respostas da soja ao Molibdênio

O molibdênio é o micronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas. Ele interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento delas (GUPTA e LIPSETT, 1981; PRICE et al., 1983; DECHEN et al., 1991b) por meio do metabolismo do N, participando como co-fator de enzimas, tais como a redutase do nitrato e a nitrogenase (EPSTEIN, 1975; DECHEN et al., 1991a). A produção de metabólitos nitrogenados é afetada pela deficiência de Mo nas plantas (SACO et al., 1995), porque ocorre redução na atividade da enzima redutase do nitrato, levando a uma diminuição da síntese de aminoácidos e, conseqüentemente, também de proteínas.

No início do ciclo das plantas, a absorção do Mo do solo é pequena. Após a floração, as plantas absorvem regularmente o Mo do solo e aumentam sua concentração na planta. Essa característica de absorção deve ser devida à mudança na disponibilidade do Mo do solo e, ou, às atividades de absorção do Mo do solo com o crescimento da planta e à fixação de N nos nódulos (KOCHIAN, 1991).

A literatura mostra que a recomendação sobre o melhor modo de aplicação do Mo nas leguminosas é ainda inconclusiva. Sabe-se que este micronutriente pode ser aplicado no solo, na parte aérea por pulverização, ou nas sementes por meio de solução aquosa ou peletização.

Nas regiões tropical e subtropical, onde muitas vezes as leguminosas são cultivadas em solos ácidos, com elevados teores de óxidos de Fe e Al, a aplicação foliar de Mo constitui prática mais eficaz, uma vez que se evita a sua adsorção (SIQUEIRA e VELLOSO, 1978). Neste caso, o Mo pode ser translocado para os nódulos, onde irá realizar as suas funções, principalmente na nitrogenase.

A aplicação de calcário é um dos métodos para aumentar o teor de Mo disponível no solo porque, com o aumento do pH, o MoO_4^{2-} adsorvido é deslocado dos sítios de troca pela OH^- (MALAVOLTA, 1980). Como essa prática é, geralmente, dispendiosa e os solos brasileiros, especialmente os do cerrado, onde a cultura da soja tem-se expandido grandemente, possuem baixos teores deste micronutriente, vários trabalhos têm sido feitos no sentido de se viabilizar o uso de outros métodos no fornecimento de Mo para a cultura.

Segundo alguns autores (EMBRAPA - CNPSo, 1996; KURIHARA e MAEDA, 1996), a adubação foliar com Mo não é recomendada para a cultura da soja. De acordo com AMORIM et al. (1997), das várias tentativas de suprimento de Mo às leguminosas, a utilização de sementes “molibdenizadas” parece ser a mais viável do ponto de vista técnico. Entretanto, outros trabalhos mostraram que, com a aplicação foliar de Mo tem sido possível aumentar a produtividade do feijoeiro (JACOB-NETO e FRANCO, 1986; VIEIRA et al., 1992; BERGER, 1995; ANDRADE et al., 1996; AMANE, 1997; ASSMANN et al., 1997) e da soja (SANTOS et al., 1985; CERVI, 1986; JACOB-NETO e FRANCO, 1995; SFREDO et al., 1995; AMORIM et al., 1997).

De acordo com CORSO (1990), a aplicação foliar de solução de sal de cozinha é uma técnica recentemente recomendada pelos técnicos da EMBRAPA-CNPSo, com o objetivo de atrair percevejos - pragas da soja e aumentar a eficiência do controle químico desses insetos. AMORIM et al. (1997) afirmam que, com a utilização de um sal como molibdato de sódio aplicado via

foliar, os agricultores poderiam não só aumentar a produtividade e o conteúdo de Mo nas sementes, como diminuir o uso de inseticidas no campo. Observaram, ainda, não ter havido efeito tóxico sobre a soja mesmo com a aplicação da dose de 500 g/ha de Mo, sob a forma de molibdato de sódio.

Algumas plantas, como a soja, têm o sistema simbiótico de fixação de nitrogênio altamente eficiente e, por isso, necessitam mais molibdênio para a atividade da nitrogenase do que outras, de baixa eficiência, como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que precisam de maior quantidade do elemento para a atividade da redutase do nitrato (SANTOS, 1991).

Na solução do solo, o molibdênio normalmente se apresenta como ânion molibdato, MoO_4^{2-} , e em menor quantidade como HMoO_4^- (CAMARGO, 1991). Embora não existam evidências diretas, acredita-se que ele seja absorvido metabolicamente. Este elemento é moderadamente móvel nas plantas, mas a forma como ele se transloca não é conhecida (DECHEN et al., 1991b).

O teor de Mo total nas plantas é, geralmente, baixo, sendo menor que 1,0 mg/kg de matéria seca (MENGEL e KIRKBY, 1987).

Segundo LANTMANN et al. (1989), a correção do pH dos solos ácidos, por meio da calagem, aumenta a disponibilidade de molibdênio, explicando-se essa ocorrência com o mecanismo de troca dos ânions de molibdato (MoO_4^{2-}) por hidroxila (OH^-). Freitas, citado por MALAVOLTA e KLIEMANN (1985), verificou que o aumento do pH do solo acima de 7,0 elevou consideravelmente o teor de molibdênio na soja.

PARKER e HARRIS (1962) obtiveram acréscimos na produtividade de até 55 %, quando aplicaram Mo nas sementes e cultivaram a soja na ausência de calagem. Observaram, ainda, aumento no teor de nitrogênio das folhas e de proteína nos grãos.

SANTOS et al. (1984) destacaram a constante e excelente resposta da cultura da soja ao Mo aplicado nas sementes, em condições de solos ácidos.

Foi demonstrado que sementes graúdas de leguminosas podem suprir o molibdênio necessário às plantas que crescem em meio deficiente nesse nutriente (Meagher et al., 1952; Peterson e Purvis, 1961; citados por SANTOS, 1991).

BELLINTANI NETO e LAM-SANCHEZ (1974), usando cinco doses de Mo em pulverização no oitavo dia após germinação da soja, obtiveram aumento do peso de nódulos, porém não observaram efeito sobre a produção de grãos.

HARRIS et al. (1965) constataram resposta positiva à aplicação de Mo em progênies (primeira geração), oriundas de sementes de soja contendo menos de 2,6 mg/kg do nutriente, enquanto progênies com 22,4 mg/kg não responderam à aplicação. GURLEY e GIDDENS (1969) verificaram que teores elevados de molibdênio na semente supriram as necessidades da soja na primeira geração, aumentando o rendimento de grãos em solos deficientes no nutriente. Em um solo, as sementes com 48,4 mg/kg de molibdênio propiciaram maior rendimento de grãos do que as com 19,0 mg/kg, enquanto em outro elas tiveram o mesmo comportamento. Houve pequena transferência do molibdênio da semente original para a segunda geração, mas o efeito deixou de existir na terceira geração. Constataram, ainda, que a obtenção de sementes com alto teor de molibdênio não foi possível com a elevação da disponibilidade do elemento no solo pela calagem, mas o foi com a aplicação de elevadas doses nas sementes (560 g/ha de Mo) e, ou, por via foliar (1.122 g/ha de Mo).

SANTOS et al. (1980), estudando os efeitos de dosagens de Mo, Co, Zn e B aplicados em sementes sobre características agrônômicas de soja, observaram que o melhor tratamento (9 g de Mo + 0,5 g Co + 10 g Zn + 3 g B por hectare) proporcionou ao solo sem calagem rendimento de grãos 50 % superior à testemunha sem nenhum micronutriente e, no solo com calagem, 26 % superior.

Santos (1983, 1984) e Santos et al. (1982), citados por SANTOS (1991), verificaram uma resposta diferencial entre cultivares de soja com relação à aplicação de molibdênio nas sementes. Os cultivares Bragg, Ivaí e Paraná parecem não responder à aplicação de molibdênio; BR-3 mostrou resposta linear às doses utilizadas; Planalto, Prata e Santa Rosa caracterizaram-se por apresentar resposta do tipo quadrática, enquanto BR-2, Hardee e Vila Rica apresentaram comportamento do tipo descontínuo, linear-platô.

VITTI et al. (1984) observaram que a aplicação nas sementes de produto contendo 10 % de Mo, na dose de 200 g/ha, ocasionou aumentos significativos (32,7 %) na produção de grãos em soja cultivada em Latossolo Vermelho-Escuro

com pH (H₂O) de 4,8. Houve também aumento significativo no peso de 100 sementes, na atividade da redutase de nitrato e nos teores foliares de nitrogênio e de molibdênio.

Avaliando os efeitos da adição de micronutrientes, aplicados nas sementes, sobre características agrônômicas da soja, SANTOS et al. (1983) observaram que, após quatro anos consecutivos, os tratamentos com micronutrientes superaram a testemunha em 761 kg/ha (51,6 %) no solo com fertilidade natural, sendo que, neste, os tratamentos que continham molibdênio apresentaram maior produtividade. Já no solo com fertilidade corrigida, esse aumento foi de 237 kg/ha (10,0 %). A dose ótima estimada foi de 17,8 g/ha de Mo.

SANTOS e GAUSMANN (1984), avaliando a resposta da soja ao tratamento de sementes com inoculante e com micronutrientes contendo molibdênio, concluíram que houve aumento de 343 kg/ha (21,4 %) em relação à testemunha (apenas adubação convencional) devido à aplicação de micronutrientes.

SANTOS e ESTEFANEL (1986) obtiveram aumento no rendimento de grãos devido à aplicação de molibdênio nas sementes de soja, nas condições de solo ácido.

SANTOS et al. (1986) determinaram os teores de molibdênio em sementes da soja Planalto oriundas de oito locais do Estado do Rio Grande do Sul, encontrando somente de 0,12 a 8,08 mg/kg.

SANTOS et al. (1986), tratando sementes de soja, contendo baixo teor de molibdênio, com doses de molibdato de amônio, estimaram que a aplicação de 9 g/ha de Mo elevou o seu teor nas sementes para 21,3 mg/kg e a aplicação de 18g/ha para 41,5 mg/kg, próximos aos encontrados por GURLEY e GIDDENS (1969) e admitidos pelos autores como capazes de suprir as necessidades da soja cultivada em condições de carência média ou acentuada.

LANTMANN et al. (1989) observaram aumentos de 295 (11 %) a 370 kg/ha (16 %) de grãos em pH menor que 4,7 em Latossolo Roxo álico (LRa) e de 105 (4 %) a 477 kg/ha (29 %) em pH menor que 4,8 em Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), quando aplicaram 30 g/ha de Mo nas sementes de soja. O

Mo proporcionou, ainda, acréscimos de 3 a 6% nos teores de proteína nos grãos, em pH menor que 4,3 e 4,8, respectivamente, no LRA e no LEa.

TANAKA (1993) demonstrou que o Mo aplicado na forma comercial de Quimol (0,5 g/kg de sementes) pode aumentar a produtividade da cultura da soja.

Procedendo levantamento do teor de molibdênio em sementes de soja, VOSS et al. (1995) analisaram 88 amostras de 36 municípios do RS, observando teores variando de 0,1 a 3,9 mg/kg de Mo, estando aproximadamente 58 % das amostras na faixa de 0,1 a 1,2 mg/kg de Mo.

Estudando a resposta da soja a diferentes doses de Mo, JACOB-NETO e FRANCO (1995) observaram que o crescimento das plantas respondeu à adição de Mo, com diferenças significativas entre os tratamentos nos estádios de início da formação das vagens e início do desenvolvimento das sementes.

Utilizando vários produtos comerciais contendo molibdênio, aplicados por via foliar e pelas sementes, SFREDO et al. (1995) concluíram que houve evidências de deficiência de molibdênio, uma vez que as produtividades de grãos de soja foram sempre superiores quando o micronutriente foi aplicado.

2.3. Respostas da Soja à Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*

Dentre os processos explorados comercialmente, a fixação biológica do nitrogênio atmosférico tem alta importância na produção agrícola, pois as leguminosas, principalmente as produtoras de grãos como a soja, assumem posições de destaque na economia mundial e nacional e podem ser cultivadas com pouca adubação nitrogenada ou mesmo sem ela, se forem inoculadas adequadamente (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

No Brasil, o cultivo e inoculação dessa leguminosa adquiriu larga escala nos anos 60, com estirpes de *Bradyrhizobium* trazidas de outros países, especialmente dos EUA. Atualmente, as estirpes oficialmente recomendadas para uso em inoculantes comercializados no Brasil são quatro, selecionadas de áreas anteriormente inoculadas com inoculantes estrangeiros (Hungria et al., 1994, citados por BODDEY et al., 1997). Até 1980, as bactérias fixadoras de N₂ na soja eram classificadas como *Rhizobium japonicum*. Em 1982 estas

bactérias foram reclassificadas em um novo gênero, *Bradyrhizobium*, mas, no mesmo período, várias diferenças fisiológicas, bioquímicas e genéticas entre as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* estavam sendo relatadas (Hollis et al., 1981; Huber et al., 1984; Stanley et al., 1985; citados por BODDEY et al., 1997).

A fixação biológica do nitrogênio é processo que se caracteriza por uma alta demanda de energia, obtida do metabolismo de carboidratos supridos pela planta hospedeira. Os fotossintatos fornecidos aos nódulos são usados para gerar adenosina tri-fosfato (ATP) e poder redutor necessários à redução de nitrogênio atmosférico a amônia e, ainda, para a manutenção do metabolismo do citossol da planta hospedeira e suprimento de esqueletos de carbono necessários para a síntese dos compostos nitrogenados (RAWSTHORNE et al., 1980). Conseqüentemente, pode haver um consumo, pelos nódulos, de até 30 % dos fotossintatos produzidos pela planta e, se a simbiose não for eficiente, haverá uma redução do potencial de produção das leguminosas (SCHUBERT e RILE, 1980). Desse modo, deve-se procurar selecionar os sistemas simbióticos que utilizem mais eficientemente as fontes de carbono e energia da planta hospedeira (RAINBIRD et al., 1983).

A disponibilidade de carbono pode ser um fator limitante no controle da fixação de N_2 . Desse modo, manipulações das condições que conduzem ao aumento do fornecimento de fotossintatos também levam ao aumento da fixação do N_2 . Isso foi verificado com aplicação de CO_2 (HARDY e HAVELKA, 1973), suprimento de carbono para os nódulos (SCHREVEN, 1959), abaixamento da pressão de oxigênio, diminuindo a fotorrespiração (QUEBEDEAUX e HARDY, 1975) e enxertia de uma segunda parte aérea no mesmo sistema radicular (STREETER, 1974).

Um dos gastos energéticos que diminuem a eficiência da fixação do N é o processo de liberação do hidrogênio pelos nódulos, que ocorre simultânea e obrigatoriamente com a redução do nitrogênio, consumindo elétrons e ATP que, de outro modo, seriam utilizados para a produção de amônia (SCHUBERT e EVANS, 1976; McCRAE et al., 1978). Parte da energia perdida, porém, pode ser recuperada se houver a ação da enzima hidrogenase, que oxida o hidrogênio produzido, resultando em H^+ e ATP (McCRAE et al., 1978). Estirpes de rizóbio

denominadas Hup⁺, que são hidrogenase positiva, têm eficiência energética até 30 % superior a das Hup⁻, que não possuem o sistema de hidrogenase (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Por meio de técnicas de engenharia genética e outras, pode-se melhorar a qualidade dos inoculantes, além de produzir estirpes mais competitivas, infectantes e eficientes do ponto de vista energético e de transferência de N₂ fixado do tecido nodular para a parte aérea e sementes. Além disso, é muito promissor o melhoramento genético por via convencional ou pela engenharia genética, da planta hospedeira, visando aumentar sua capacidade fotossintética e compatibilidade e eficiência do sistema fixador de N (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

A contribuição da fixação simbiótica de N₂ na cultura da soja pode ser calculada e evidencia o quanto ela representa em termos econômicos. A literatura registra valores de 59,41 a 297,06 kg/ha de N, fixados por este processo. Trabalhos realizados pela EPAMIG, durante três anos, mostraram que a inoculação de sementes de soja com *B. japonicum* proporcionou produção de grãos equivalente à de parcelas adubadas com 150 kg/ha de N, na forma de uréia (ESCUDE, 1978).

Segundo SIQUEIRA E FRANCO (1988), as limitações do potencial de fixação podem ser de natureza biótica e abiótica (clima e solo). Quanto aos fatores bióticos, existe especificidade entre micro e macrossimbionte, e grande variação na eficiência entre ambos, em relação à capacidade de fixar N₂. Ademais, no solo o *Bradyrhizobium* pode ter seu crescimento inibido por antibióticos produzidos principalmente por actinomicetos. Também larvas de alguns insetos se alimentam de nódulos.

Com relação aos fatores climáticos, a temperatura, a umidade e a pressão de oxigênio afetam direta ou indiretamente os organismos.

Quanto aos fatores ligados ao solo, sabe-se que a disponibilidade de nutrientes minerais e o pH afetam tanto a planta quanto a bactéria. Todos os nutrientes são indispensáveis para o funcionamento do sistema simbiótico, podendo-se destacar o N, P, Mg, Co, Fe e Mo. É necessário que haja disponibilidade de N no solo para o crescimento do organismo até o início da

fixação, porém o excesso deste nutriente afeta a infecção, a taxa de fixação e o número de nódulos formados. O Mo é o elemento chave contido na enzima nitrogenase. O Co tem efeito específico sobre o crescimento da bactéria e na formação da leghemoglobina. O Fe e o Mg também são importantes no funcionamento da nitrogenase, mas são igualmente importantes para outras funções metabólicas da planta. Desta forma, não se têm resultados concretos mostrando que plantas fixando N₂ são mais dependentes destes e de outros nutrientes do que as adubadas com N mineral. No entanto, as plantas dependentes da fixação são mais sensíveis aos estresses do solo do que as adubadas com N mineral (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

VOSS e BEN (1997) observaram que a inoculação de aveia-preta com as estirpes Semia 587 e Semia 5019 permitiu o estabelecimento saprofítico da bactéria em campo nativo, de modo a causar nodulação satisfatória na soja, cultivar BR 16, plantada em sucessão.

Estudando 38 espécies de *Bradyrhizobium*, BODDEY et al. (1997) concluíram que as estirpes de *B. japonicum* apresentaram altas taxas de fixação de N₂ e eficiência nodular, sendo que algumas estirpes de genótipo misto também foram muito eficientes e até melhores que a estirpe parental.

Utilizando uma mistura das estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019, NOVO et al. (1997) observaram que a inoculação não forneceu nitrogênio nas quantidades exigidas para maximizar a produtividade dos cultivares IAC-8 e IAC-14, em condições de cultivo de inverno.

As condições climáticas no trópico úmido favorecem a formação de solos ácidos, tendo a acidez grande influência na população de microorganismos (AYANABA e Omayuli, 1975) e no funcionamento da simbiose das leguminosas com rizóbios (SCHMEHL et al., 1950). Entre as soluções para o manejo de solos ácidos, cita-se a utilização de leguminosas e rizóbios adaptados a essas condições (BOUTON et al., 1981). Neste caso, é necessário obter estirpes eficientes que tolerem acidez.

Quando ocorre qualquer alteração do pH, a preferência das estirpes para nodular as leguminosas pode alterar-se sensivelmente. LOWENDORF et al. (1981) verificaram grande influência dos fatores bióticos afetando a

sobrevivência de *Rhizobium* inoculado, em solos com diferentes valores de pH. SAMARÃO et al. (1986), avaliando os efeitos de quatro doses de calcário e diferentes estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* no rendimento de grãos e simbiose da soja, observaram que nas doses mais elevadas de calcário (4 a 6 t/ha), houve redução no peso dos nódulos secos, sem influenciar o peso da parte aérea seca e o nitrogênio total acumulado nas plantas, até o enchimento das sementes. Para a produção máxima de grãos, 4 t/ha de calcário foram suficientes. Concluíram, ainda, que os diferentes inoculantes utilizados apresentaram a mesma eficiência no campo.

O efeito prejudicial da acidez do solo sobre a simbiose *Rhizobium*/leguminosa tem sido atribuído ao efeito direto do pH ou à concentração de íon H⁺ e a efeitos indiretos do Al ou Mn e deficiências de Ca, P e Mo (Lie, 1971; Munns, 1971; Andrew, 1978; citados por BROSE, 1991). No entanto, trabalhos em laboratório têm demonstrado que o efeito do Al, dependendo da suscetibilidade do rizóbio, pode ser direto e maior sobre a bactéria do que sobre a planta (Brose e Schaffrath, 1989; Carvalho et al., 1982; Wood et al., 1984; também citados por BROSE, 1991). Este problema, no entanto, poderia ser superado pela obtenção de uma estirpe bacteriana eficiente em fixar o N₂ e com tolerância a baixo pH e alto teor de Al.

SOUZA e NOVAIS (1997) observaram que a inoculação de sementes de soja possibilitou o aparecimento de nódulos a partir dos 24 dias após a emergência, ocorrendo, nessa época, uma leve queda do pH rizosférico. Novo decréscimo consistente só ocorreu próximo aos 40 dias após o plantio, coincidindo com o início da floração.

O uso de inoculantes para soja em solos com população rizobiana nativa ou estabelecida costuma apresentar pequenos efeitos (DIONISIO, 1985) e, em solos com baixa população de *B. japonicum*, as estirpes utilizadas no inoculante ocorreram na maioria dos nódulos (OLIVEIRA e VIDOR, 1984a). Segundo estes autores, a inoculação da soja com estirpes de *Bradyrhizobium* altamente eficientes nem sempre aumenta o rendimento de grãos da cultura, devido à competição por sítios de infecção nodular que normalmente ocorre entre as estirpes utilizadas no inoculante e as estirpes de *B. japonicum* já existentes em

solos cultivados por vários anos com soja. Portanto, para que a utilização de inoculantes tenha maior possibilidade de sucesso, torna-se necessário selecionar estirpes de *Bradyrhizobium* que, além de formarem uma simbiose eficiente com a maioria dos cultivares da espécie hospedeira, possuam alta capacidade de sobrepujar a população nativa na formação de nódulos, bem como apresentar comprovada eficiência (verificada em experimentação de campo) e alta capacidade de persistir e colonizar o solo (VIDOR et al., 1979). Exemplos da importância da sobrevivência e colonização do solo pelo *Bradyrhizobium* foram apresentados por Roughley et al. (1976) e Brill (1977), citados por OLIVEIRA e VIDOR (1984b). Apesar de as estirpes introduzidas pela inoculação induzirem a formação da totalidade dos nódulos no primeiro ano, outras estirpes começaram a aparecer nos nódulos, no segundo ano, ocorrendo, na maior parte deles, a partir do terceiro ano.

Avaliando o comportamento de algumas estirpes de *B. japonicum* (OLIVEIRA e VIDOR, 1984b) inocularam um solo e concluíram que houve ocorrência delas na quase totalidade dos nódulos, no primeiro cultivo. A inoculação do solo com uma mistura dessas estirpes resultou em maior ocorrência da IMPA - 037 nos nódulos do cultivar Bragg. Ao ser introduzida uma estirpe altamente competitiva, SEMIA-5019, esta teve uma participação variável nos nódulos, ocorrendo em 95 % deles no solo previamente inoculado com a IMPA - 011 e apenas 8 % no inoculado inicialmente com a IMPA-037.

Avaliando os efeitos da cobertura morta e da inoculação de sementes de soja (BR - 4) no número e peso de nódulos e na competição entre estirpes de *B. japonicum* por sítios de nódulos, MOROTE et al. (1990) concluíram que menor número de nódulos foi obtido no tratamento sem cobertura, principalmente com a estirpe USDA 123 – Str-Ery, considerada sensível a altas temperaturas. Os pesos de nódulos secos induzidos pela estirpe NC 1005 - Spc-Ery, aos 30 e 60 dias, foram significativamente superiores aos da USDA 123 - Str-Ery. A estirpe NC 1005 – Spc-Ery foi mais competitiva, ocorrendo em 92 - 97 % de nódulos em relação aos 3 - 8 % e 11 – 15 % de ocupação pela USDA 123 - Str-Ery nos tratamentos com e sem irrigação, respectivamente.

Avaliando os efeitos da cobertura do solo, irrigação e inoculação da cultivar BR - 4 com duas estirpes de *B. japonicum*, GARCIA - BLÁSQUEZ et al. (1991) concluíram que a inoculação com a estirpe NC 1005 – Spc-Ery proporcionou maiores rendimentos de matéria seca de grãos, contribuindo com aporte de 132 kg/ha de nitrogênio aos grãos. A estirpe USDA 123 - Str-Ery, sensível à alta temperatura e à baixa umidade de solo, contribuiu com 84 kg/ha de N nos grãos.

Estudando o potencial competitivo de diversas estirpes, LIRA JUNIOR et al. (1993) concluíram que as estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 evidenciaram boa capacidade de competição por sítios de infecção nodular, formando a maioria dos nódulos nas diferentes combinações de estirpes inoculadas. Entre as estirpes, SEMIA 5079 foi a mais competitiva em solo já colonizado por estirpes de reconhecida competitividade.

Estudando o comportamento de diversas estirpes originais e isolados do solo, OLIVEIRA et al. (1991) observaram que elas não diferiram entre si e que houve efeito de cultivar sobre a nodulação e N total da parte aérea, sendo que EMGOPA - 301 apresentou maior N total na floração e enchimento de grãos que a Santa Rosa.

Estudando a dinâmica da predominância de estirpes de *B. japonicum* em nódulos formados espontaneamente em área previamente cultivada com soja, LIMA et al. (1995) verificaram que não houve diferenças significativas, quanto ao número de nódulos, em quaisquer das seis épocas de amostragem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Estudaram-se os efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio em quatro experimentos conduzidos em dois locais e em dois anos consecutivos. O experimento nº 1 foi instalado em 12/12/1995 e o experimento nº 2, em 11/12/95, nos municípios de Viçosa e Coimbra, respectivamente. O experimento nº 3 foi instalado em 18/11/96 e o nº 4 em 03/12/96, respectivamente nos municípios acima referidos (Quadro 1).

Quadro 1 - Resultados das análises química e textural das amostras de solo colhidas nos locais dos experimentos(*)

Características químicas	Experimento			
	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4
pH em água (1:2,5)	6,0	5,7	5,5	5,6
P disponível ¹ (mg/dm ³)	4,3	4,5	3,4	6,0
K disponível ¹ (mg/dm ³)	29	13	75	43
Ca ²⁺ trocável ² (cmol _c /dm ³)	2,3	2,0	2,4	2,4
Mg ²⁺ trocável ² (cmol _c /dm ³)	1,2	0,8	1,2	1,1
Al ³⁺ trocável ² (cmol _c /dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0
Textura	Argilosa	Argilosa	Muito argilosa	Muito argilosa

¹ Extrator de Mehlich – 1.

² KCl 1 mol/L.

(*) Análise realizada no Departamento de Solos da UFV.

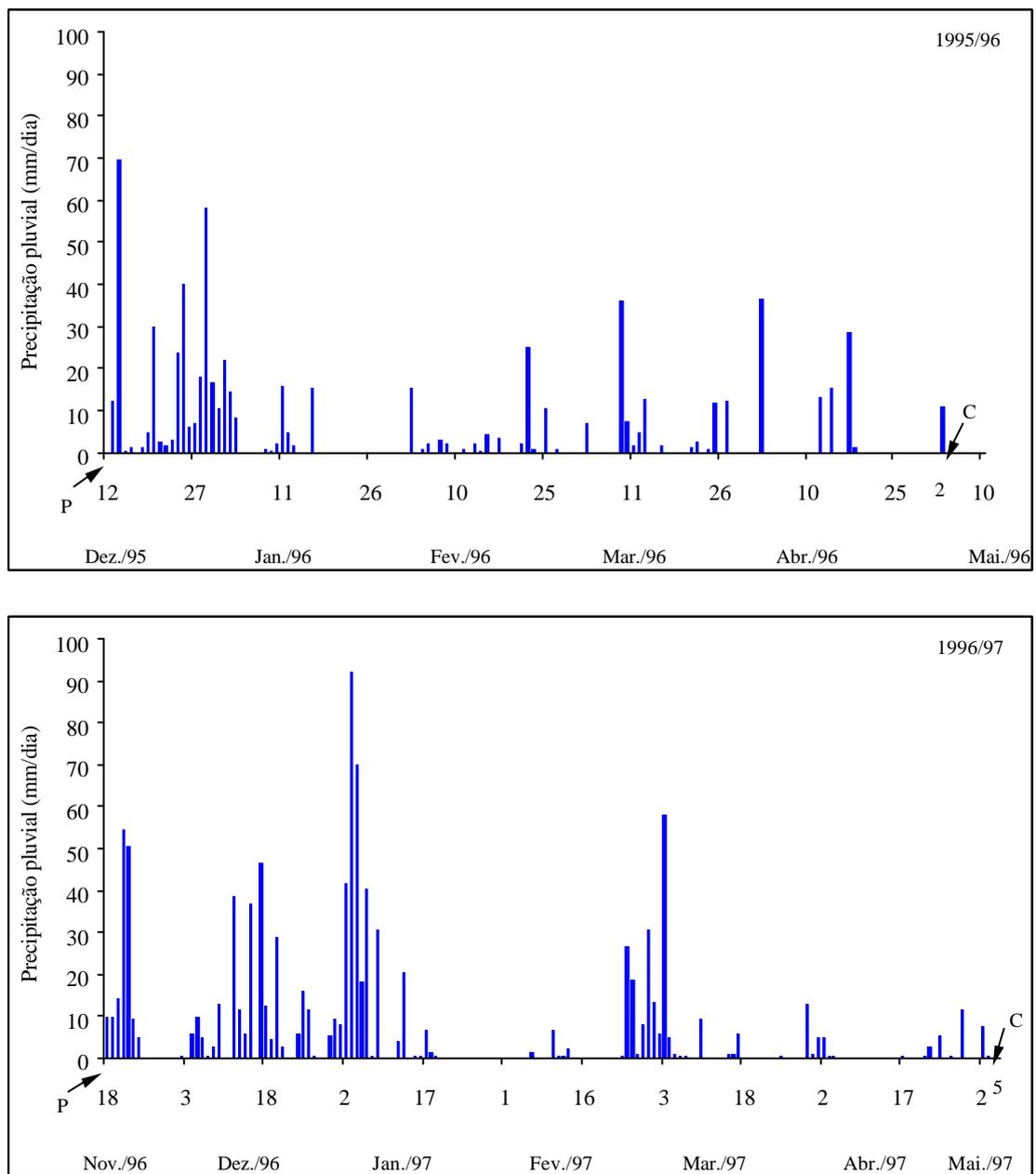
Viçosa localiza-se a 20°45'20" de latitude sul e 42°52'40" de longitude oeste. Sua altitude média é de 650 m, apresenta temperatura média anual de 19 °C, umidade relativa do ar, em média, de 80 %, média anual de precipitação pluvial de 1.340 mm, concentrada, principalmente, no período de outubro a março, e média anual de radiação solar incidente de 332 cal.cm⁻².dia⁻¹. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen (GALVÃO, 1967).

Coimbra localiza-se a 20°50'30" de latitude sul e 42°48'30" de longitude oeste e sua altitude média é de 715 m.

Os dados de precipitação pluvial registrados durante os períodos em que foram conduzidos os experimentos são apresentados nas Figuras 1 e 2 e os dados de temperatura na Figura 3. Ressalta-se que não foi possível obter os dados de temperatura da região de Coimbra, mas, devido à proximidade daquela área experimental com o município de Viçosa, os dados desses dois locais devem ser bastante semelhantes. A precipitação pluvial acumulada durante o período de condução de cada experimento foi: em Viçosa, 657,8 mm no ano agrícola de 1995/96 e 1001,2 mm no ano de 1996/97; em Coimbra, 622,8 mm em 1995/96 e 830,3 mm em 1996/97. No ano agrícola de 1995/96, observaram-se temperaturas mínima média, máxima média e média compensada média de, respectivamente, 18,5, 29,0 e 22,9 °C. No ano de 1996/97, essas médias foram, respectivamente, 17,6, 27,6 e 21,5 °C.

Os tratamentos, nos experimentos 1 e 2, obedeceram a um arranjo fatorial (4 x 4) + (1 x 4). Os fatores foram: doses de N (0, 40, 80 e 120 kg/ha) e de Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha). Os quatro tratamentos adicionais compreenderam as seguintes combinações: 40-20, 40-40, 40-60 e 40-80 de N (kg/ha) e de Mo (g/ha). Nos experimentos 3 e 4, houve uma modificação apenas nos tratamentos adicionais, que passaram a ser um fatorial 2 x 2 compreendendo as seguintes combinações: 0-40, 0-80, 40-40 e 40-80 de N (kg/ha) e Mo (g/ha). O N e o Mo foram utilizados na forma de sulfato de amônio e de molibdato de sódio, respectivamente. O adubo nitrogenado foi aplicado da seguinte forma: a dose de 40 kg/ha foi parcelada em duas de 20 e aplicadas aos 15 e 25 dias após a emergência (DAE); a dose de 80 kg/ha foi fracionada em duas de 30 e uma de

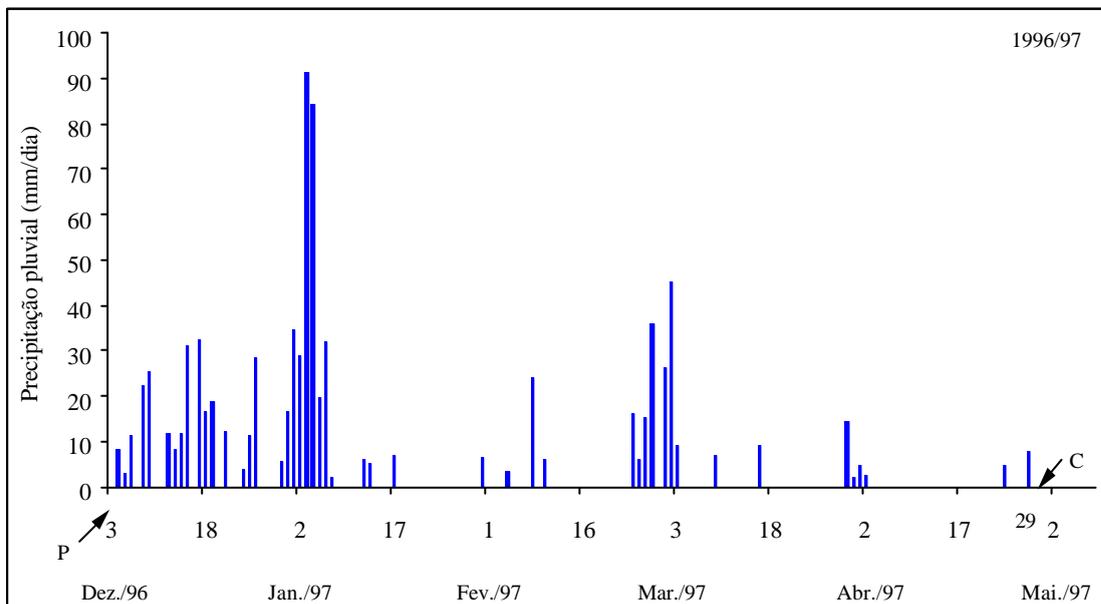
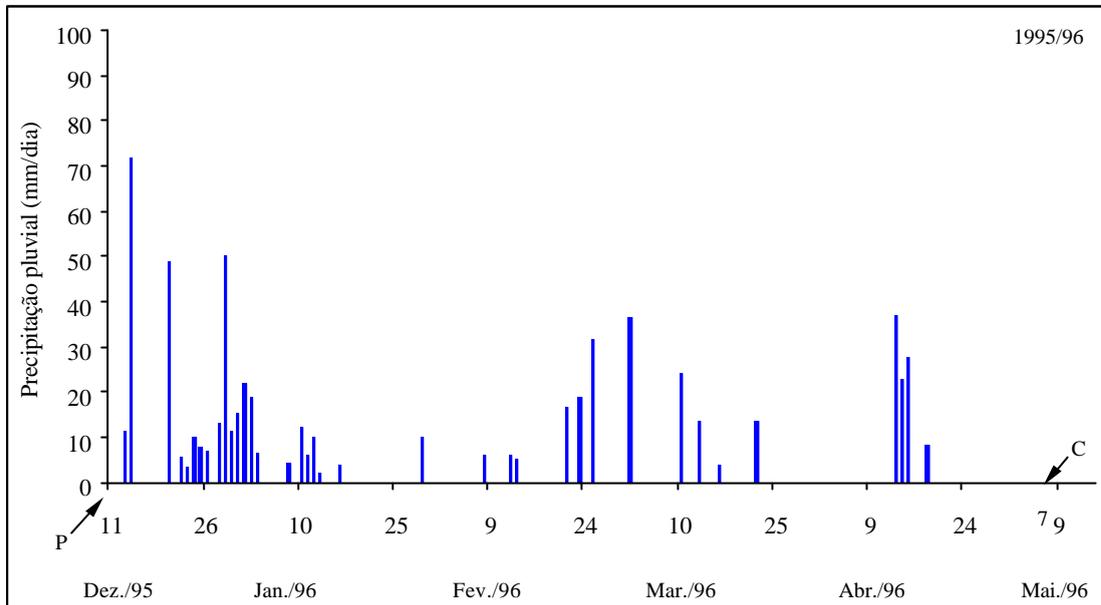
20 e aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE; a dose de 120 kg/ha foi dividida em três de 40 e aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE. O Mo foi aplicado em uma



Fonte: Dados fornecidos pela Estação Meteorológica da UFV.

P = Plantio; e C = Colheita.

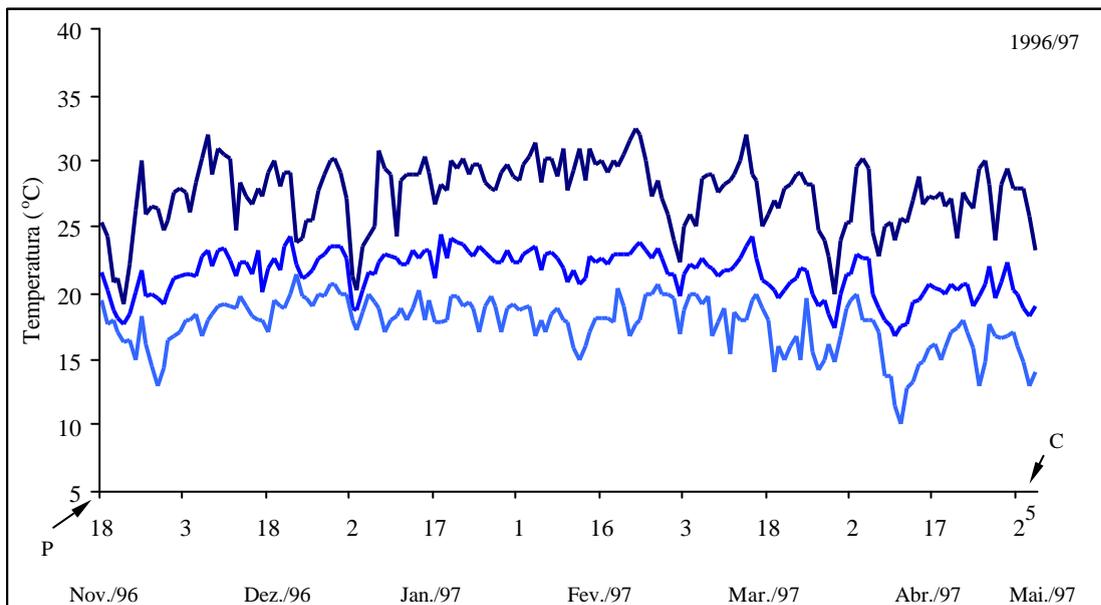
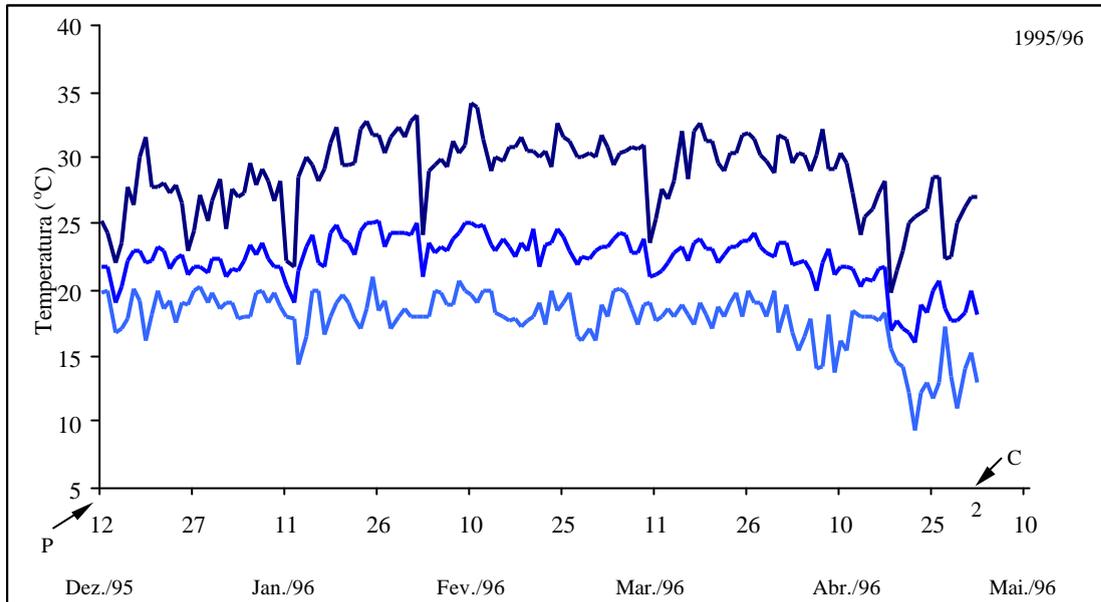
Figura 1 - Precipitação pluvial durante os períodos em que foram conduzidos os experimentos de Viçosa-MG.



Fonte: Dados fornecidos pela Estação Meteorológica da UFV.

P = Plantio; e C = Colheita.

Figura 2 - Precipitação pluvial durante os períodos em que foram conduzidos os experimentos de Coimbra-MG.



Fonte: Dados fornecidos pela Estação Meteorológica da UFV.

P = Plantio; e C = Colheita.

Figura 3 - Temperaturas máxima, média compensada e mínima durante os períodos em que foram conduzidos os experimentos de Viçosa-MG.

única vez, diluído em água e pulverizado nas folhas, aos 27 DAE. Nos tratamentos adicionais, o N foi parcelado em duas aplicações de 20 kg/ha, aos 15 e 25 DAE, e o Mo aplicado nas sementes por ocasião do plantio, utilizando-se uma solução com a concentração de 200 g de açúcar por litro de água, com o objetivo de facilitar a distribuição e aderência do micronutriente na superfície das sementes.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m, com, aproximadamente, 15 plantas do cultivar CAC-1 por metro de sulco, deixadas após desbaste realizado aos 14 DAE. Na colheita, foram aproveitadas as duas fileiras centrais, eliminando-se 0,5 metro de cada extremidade, ficando com uma área útil de 6,0 m².

Todas as unidades experimentais receberam adubação, no sulco de plantio, de 120 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Todos os tratamentos foram inoculados com uma mistura de duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*: 5080 (CPAC 7) e 5079 (CPAC 15), na proporção 1:1, com uma concentração acima de 10 milhões de células viáveis por grama de inoculante, na base de 25 g/kg de sementes. Utilizou-se uma solução com concentração de 200 g de açúcar por litro de água, visando à aderência do inoculante às sementes.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, ou seja, uma aração seguida de duas gradagens.

Foram realizadas capinas para controle de plantas daninhas e tratamentos fitossanitários, sempre que necessários.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: dias da emergência até o florescimento, teor de N total e índice de NO₃⁻ nas folhas, grau de acamamento, alturas de planta e da primeira vagem na maturação, “stand” final, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos.

No período da floração, coletaram-se folhas para determinação dos teores de nitrogênio. Para tanto, foram feitas coletas da quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida, a partir do topo, em 20 plantas tomadas ao acaso,

na área útil de cada parcela. As folhas coletadas foram secas em estufa de ventilação forçada a 70 °C até atingirem peso constante, moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada e homogeneizadas. Para a determinação do nitrogênio orgânico foi usada uma amostra de 100 mg, o que foi feito por digestão sulfúrica (LINDNER, 1944), seguida de avaliação colorimétrica, utilizando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1965), com leitura a 480 nm em espectrofotômetro.

O nitrato foi extraído em tubos de ensaio com água em recipiente submetido a banho-maria, à temperatura de 45 °C, por uma hora. Após o resfriamento do material, o extrato foi obtido pela adição de carvão ativado aos tubos, seguida de agitação e filtração lenta. O teor de nitrato no extrato foi dosado, utilizando-se ácido salicílico 5 dag/L, dissolvido em ácido sulfúrico concentrado, e NaOH 2 mol/L, com leitura de absorvância da solução básica a 410 nm, em espectrofotômetro (CATALDO et al., 1975).

O teor de N total foi obtido pela soma dos teores de N orgânico e N-NO_3^- .

A proporção do N total na forma de N-NO_3^- , conhecida por índice de nitrato, foi determinada dividindo-se o teor de N-NO_3^- pelo teor de N total e multiplicando-se por 100, de modo a caracterizar a utilização de nitrogênio pela planta.

Foram feitas observações sobre o número de dias da emergência ao florescimento (DAE), isto é, quando 50 % das plantas apresentaram pelo menos uma flor completamente aberta em qualquer nó da haste principal (estádio R1 da escala de FEHR e CAVINESS, 1977).

O grau de acamamento foi avaliado visualmente na maturação, com base no método descrito por PANIZZI e PORTO (1982), que consiste em atribuir notas de 1 a 5, em que 1 = todas as plantas eretas e 5 = todas as plantas acamadas.

A altura de planta na maturação foi obtida medindo-se a distância, em cm, do nível do solo até a extremidade do racimo terminal da haste principal (média de 4 plantas, ao acaso, por parcela por repetição).

A altura de inserção da primeira vagem foi tomada do nível do solo até a ponta da primeira vagem encontrada na haste principal ou na haste lateral (média de 6 plantas, ao acaso, por parcela por repetição).

Na colheita as plantas foram arrancadas, juntamente com parte do sistema radicular, aproximadamente 10 dias após o estágio R8 (escala de FEHR e CAVINESS, 1977). Logo em seguida, foram trilhadas e os seus grãos acondicionados em sacos de algodão e colocados ao sol até atingirem umidade de aproximadamente 13 %.

Para a determinação do teor de proteína, as amostras de grãos de cada parcela foram secas em estufa com ventilação forçada, a 70 °C, até peso constante, e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada. Utilizou-se o método semimicro Kjeldahl, convertendo-se a porcentagem de nitrogênio encontrada na amostra em proteína bruta, utilizando-se, para isso, o fator de conversão 6,25 (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC, 1970).

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância individual. Após ter sido verificada a homogeneidade dos erros experimentais entre os experimentos (relação entre eles menor que 7, de acordo com BANZATTO e KRONKA, 1989), procederam-se às análises de variância conjuntas.

Para a realização das análises de variância conjuntas, foi possível agrupar anos e locais no caso das seguintes variáveis: teor de N total nas folhas, altura de planta, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos. Nessas análises, consideraram-se os tratamentos do fatorial (N aplicado em cobertura e Mo por via foliar) separados dos tratamentos adicionais (N em cobertura e Mo nas sementes), porque os tratamentos adicionais foram alterados no ano agrícola de 1996/97. Para as variáveis índice de nitrato, altura da primeira vagem e “stand” final, agruparam-se os locais, para cada ano.

Posteriormente, procederam-se aos desdobramentos das interações de maior ordem, independentemente de seus níveis de significância, porque algumas variáveis importantes apresentaram interação significativa. Em seguida, efetuaram-se os ajustes de equações de regressão. Na seleção das equações,

as significâncias dos coeficientes de regressão foram avaliadas pelo teste t, até 10 % de probabilidade.

Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos em que se empregou o Mo por via foliar e também por via das sementes, fizeram-se cortes nas superfícies de resposta para comparar as formas de aplicação do Mo. Para essas comparações serem realizadas em bases iguais, com os experimentos do ano agrícola de 1995/96 fixou-se o N na dose de 40 kg/ha, e com os do ano de 1996/97, nas doses de 0 e 40 kg/ha.

As formas de aplicação do Mo foram ainda comparadas entre si pelo teste t, até 5 % de probabilidade. Para isso, foram confrontadas apenas as médias dos tratamentos que foram constituídos pelas mesmas combinações de doses de N e Mo, com o Mo aplicado por via foliar e por via das sementes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das características estudadas, obtidas nos quatro experimentos, estão nos Quadros 2, 3, 4 e 5.

As análises de variância conjuntas encontram-se nos Quadros 6, 7, 8, 9 e 10.

As diferenças entre as médias dos tratamentos que foram constituídos pelas mesmas combinações de doses de N e de Mo, porém com o Mo aplicado por duas diferentes vias (foliar e sementes), em relação às características estudadas, são apresentadas no Quadro 11.

4.1. Início da floração

Em cada experimento, as plantas de todos os tratamentos floresceram no mesmo dia. No ano agrícola de 1995/96, o número de dias para o florescimento foi de 46 DAE, em Viçosa, e de 50 DAE, em Coimbra. No ano agrícola de 1996/97, esse número foi de 52 DAE, em Viçosa e Coimbra.

Quadro 2 - Teor médio de N total nas folhas (N total), índice de nitrato (I-NO₃⁻), altura de planta (Alt. P.), altura da primeira vagem (Alt. 1ª V.), “stand” final (“Stand”), produtividade (Produt.), e proteína bruta nos grãos (P B), em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	N total (dag/kg)	I - NO ₃ ⁻ (%)	Alt. P. (cm)	Alt. 1ª V. (cm)	“Stand” (plantas/m ²)	Produt. (kg/ha)	P B (dag/kg)
0	0	4,20	0,43	75,00	9,50	26,00	2.608	35,7
0	40	4,45	0,43	79,25	9,03	24,17	3.025	37,8
0	80	4,55	0,38	76,00	9,28	24,58	3.350	37,4
0	120	4,46	0,34	80,50	9,28	25,38	3.472	37,3
40	0	4,68	0,43	80,50	9,50	25,04	3.019	35,3
40	40	4,55	0,44	80,50	8,78	25,79	3.335	37,3
40	80	4,66	0,43	80,00	9,60	24,42	3.419	37,1
40	120	4,64	0,38	82,50	9,35	25,29	3.596	36,3
80	0	4,45	0,46	81,25	9,30	24,12	3.010	34,5
80	40	4,80	0,33	81,50	10,13	23,50	3.603	35,6
80	80	4,84	0,39	79,25	9,25	25,00	3.183	37,7
80	120	4,95	0,35	81,50	9,68	25,00	3.467	37,0
120	0	4,63	0,44	81,00	8,88	24,71	2.904	36,0
120	40	5,03	0,59	80,25	9,23	24,29	3.363	37,4
120	80	4,67	0,45	84,25	8,98	24,92	3.627	36,0
120	120	4,85	0,46	84,00	9,18	25,42	3.365	37,4
40	20(*)	4,64	0,31	78,50	9,18	25,08	3.281	36,6
40	40(*)	4,89	0,27	78,75	9,43	23,08	3.469	35,8
40	60(*)	4,85	0,34	77,00	9,80	24,62	3.505	36,2
40	80(*)	4,54	0,42	78,25	10,00	24,92	3.411	35,2

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.

Quadro 3 - Teor médio de N total nas folhas (N total), índice de nitrato (I-NO₃⁻), altura de planta (Alt. P.), altura da primeira vagem (Alt. 1ª V.), "stand" final ("Stand"), produtividade (Produt.), e proteína bruta nos grãos (P B), em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	N total (dag/kg)	I – NO ₃ ⁻ (%)	Alt. P. (cm)	Alt. 1ª V. (cm)	"Stand" (plantas/m ²)	Produt. (kg/ha)	P B (dag/kg)
0	0	4,08	0,31	66,00	5,03	25,21	1.723	32,5
0	40	4,69	0,28	76,00	5,00	23,58	2.637	36,6
0	80	4,59	0,23	71,50	5,88	21,79	2.646	37,4
0	120	4,74	0,29	77,00	5,58	25,42	2.732	36,4
40	0	3,96	0,31	80,25	6,45	25,25	2.096	32,2
40	40	4,69	0,37	71,75	5,65	21,67	2.579	36,9
40	80	4,57	0,30	76,50	5,95	21,17	2.702	36,0
40	120	4,53	0,26	80,50	4,33	25,79	2.781	38,0
80	0	4,31	0,29	76,00	6,95	24,88	2.075	32,2
80	40	4,59	0,29	72,50	6,58	22,79	2.580	36,5
80	80	4,50	0,29	76,50	5,28	22,88	2.733	37,1
80	120	4,34	0,26	75,00	5,50	23,58	2.533	37,1
120	0	4,25	0,38	73,50	7,33	22,17	2.329	35,4
120	40	4,55	0,34	72,00	5,73	22,08	2.727	38,6
120	80	4,19	0,42	76,50	6,88	25,71	2.546	36,8
120	120	4,51	0,18	80,25	5,88	25,79	2.896	38,0
40	20(*)	4,43	0,17	67,75	5,33	20,08	2.394	37,0
40	40(*)	4,43	0,18	75,50	5,80	22,42	2.710	36,9
40	60(*)	4,20	0,15	72,00	5,55	20,00	2.342	37,4
40	80(*)	4,27	0,22	75,25	4,83	20,46	2.621	37,1

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.

Quadro 4 - Teor médio de N total nas folhas (N total), índice de nitrato (I-NO₃⁻), altura de planta (Alt. P.), altura da primeira vagem (Alt. 1ª V.), "stand" final ("Stand"), produtividade (Produt.), e proteína bruta nos grãos (P B), em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	N total (dag/kg)	I – NO ₃ ⁻ (%)	Alt. P. (cm)	Alt. 1ª V. (cm)	"Stand" (plantas/m ²)	Produt. (kg/ha)	P B (dag/kg)
0	0	4,49	0,32	105,00	8,68	23,46	3.524	33,7
0	40	4,37	0,24	99,25	6,93	23,75	3.146	33,5
0	80	4,66	0,11	101,25	8,58	25,75	3.450	32,7
0	120	4,50	0,24	100,00	8,98	23,83	3.392	33,5
40	0	4,05	0,16	109,50	8,75	26,33	3.439	31,6
40	40	4,43	0,15	105,00	8,35	24,67	3.363	31,9
40	80	4,70	0,19	112,00	9,20	25,54	3.267	32,3
40	120	4,49	0,20	104,25	8,40	24,62	3.332	32,9
80	0	4,29	0,40	113,50	7,88	23,71	3.524	31,6
80	40	4,43	0,16	105,50	6,75	22,79	3.623	32,1
80	80	4,73	0,34	112,75	8,43	24,08	3.596	32,3
80	120	4,67	0,33	103,00	8,20	22,12	3.531	34,6
120	0	4,88	0,43	109,75	7,88	22,67	3.583	32,3
120	40	5,16	0,32	105,00	7,68	24,88	3.697	32,8
120	80	4,83	0,25	107,00	7,83	24,88	3.841	35,6
120	120	5,03	0,34	112,75	6,65	24,33	3.706	34,2
0	40(*)	4,54	0,24	97,00	8,20	15,38	2.688	32,4
0	80(*)	4,50	0,26	109,00	7,13	19,92	3.401	32,5
40	40(*)	4,76	0,15	105,00	7,45	23,96	3.447	32,5
40	80(*)	4,30	0,15	99,50	7,18	20,88	3.010	32,7

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.

Quadro 5 - Teor de N total nas folhas (N total), índice de nitrato (I - NO₃⁻), altura de planta (Alt.P.), altura da primeira vagem (Alt. 1ª V.), "stand" final ("Stand"), produtividade (Produt.), e proteína bruta nos grãos (P B), em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	N total (dag/kg)	I - NO ₃ ⁻ (%)	Alt. P. (cm)	Alt. 1ª V. (cm)	"Stand" (plantas/m ²)	Produt. (kg/ha)	P B (dag/kg)
0	0	3,05	0,61	51,50	6,63	26,21	1.663	30,0
0	40	3,09	0,77	55,75	6,70	27,88	2.372	33,8
0	80	3,12	0,63	60,00	7,00	25,83	2.319	35,1
0	120	3,11	0,61	52,50	6,45	25,75	1.993	34,8
40	0	3,05	0,72	66,75	9,98	26,38	2.061	28,4
40	40	2,88	0,91	61,50	8,60	26,21	2.501	34,1
40	80	3,07	0,97	66,50	10,30	27,00	2.577	33,5
40	120	2,73	0,61	65,75	7,53	27,25	2.513	34,7
80	0	3,07	0,72	66,75	10,60	27,12	2.168	29,2
80	40	2,98	0,85	66,75	9,00	26,12	2.881	33,6
80	80	3,07	0,96	67,00	10,18	26,25	2.728	32,3
80	120	2,89	1,27	63,00	8,00	26,96	2.599	32,7
120	0	3,14	0,87	71,25	11,30	25,25	2.471	29,5
120	40	3,16	0,89	77,25	12,33	26,42	2.958	33,5
120	80	3,05	1,10	71,00	8,88	25,71	2.656	31,6
120	120	3,26	1,08	66,00	8,75	25,96	3.034	33,9
0	40(*)	3,20	0,78	52,50	6,70	26,79	2.367	35,1
0	80(*)	2,78	0,85	60,75	6,70	27,38	2.607	34,1
40	40(*)	3,32	0,92	64,50	10,45	26,75	2.188	34,8
40	80(*)	3,10	0,99	65,25	9,45	28,71	2.604	33,5

(*)Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.

Quadro 6 - Análise de variância conjunta, com o desdobramento dos G.L., “dentro” de cada local e ano, dos dados relativos ao teor de N total nas folhas, altura de planta, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos, dos tratamentos que receberam o Mo por via foliar (fatorial)

FV	GL	Quadrado médio			
		N total	Altura de planta	Produtividade de grãos	Proteína bruta
Blocos/locais x anos	12	0,2519	62,37	125.521,30	1,2758
Locais (L)	1	50,0282 **	36.266,44 **	50.940.450,00 **	14,1327 **
Anos (A)	1	33,2893 **	3.774,56 **	506.665,90 **	828,6116 **
L x A	1	29,3987 **	21.811,60 **	1.258.306,00 **	0,0859
Tratamentos (T)	15	0,3246 **	184,17 **	847.470,00 **	27,9807 **
L x T	15	0,1898 **	34,31	213.907,00 *	10,2589 **
A x T	15	0,1449 **	86,30 **	230.877,20 **	2,5097 *
L x A x T	15	0,1145 **	50,15	97.210,52	3,9047 **
T/Viçosa ₉₆	(15)	0,1785 **	23,20	331.720,08 **	3,9802 **
N	3	0,4789 **	62,39	179.209,00	2,1056
Mo	3	0,1834 **	22,22	1.116.044,00 **	11,0722 **
N x Mo	9	0,0768	10,47	121.115,80	2,2410
T/Coimbra ₉₆	(15)	0,2092 **	58,47 *	390.154,12 **	16,9343 **
N	3	0,0628	58,52	107.482,00	8,4498 **
Mo	3	0,6758 **	80,31 *	1.562.711,00 **	67,1308 **
N x Mo	9	0,1025 *	51,17	93.525,87	3,0303 *
T/Viçosa ₉₇	(15)	0,3226 **	86,53 **	126.961,38	5,1392 **
N	3	1,0059 **	197,02 **	452.357,30 **	7,6597 **
Mo	3	0,2728 **	116,35 *	19.835,13	7,2048 **
N x Mo	9	0,1115 **	39,76	54.204,83	3,6105 *
T/Coimbra ₉₇	(15)	0,0635	186,73 **	540.629,14 **	18,6003 **
N	3	0,1546 *	751,31 **	1.394.052,00 **	6,7266 **
Mo	3	0,0243	56,52	1.073.840,00 **	78,0111 **
N x Mo	9	0,0462	41,94	78.417,90	2,7546 *
Resíduo	180	0,0404	29,89	102.779,70	1,2728
C.V. (%)		4,81	6,75	10,95	3,26

** F significativo em nível de 1% de probabilidade.

* F significativo em nível de 5% de probabilidade.

Quadro 7 - Análise de variância conjunta, com o desdobramento dos G.L., “dentro” de cada local, dos dados relativos ao teor de N total nas folhas, altura de planta, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos, dos tratamentos que receberam o Mo por via das sementes (adicionais), em Viçosa e Coimbra, no ano agrícola de 1995/96

FV	GL	Quadrado médio			
		N total	Altura de planta	Produtividade de grãos	Proteína bruta
Blocos/locais	6	0,5087	31,96	108.849,00	1,7188
Locais (L)	1	2,3988 **	1.155,63 **	24.431.300,00 **	1,2145
Tratamentos (T)	19	0,1833 **	64,52 **	523.294,30 **	13,2887 **
L x T	19	0,1620 **	16,43	86.653,0	4,4430 **
T/Viçosa	(19)	0,1632 **	22,36	282.109,50 **	3,6936 **
Fatorial (F)	15	0,1785 **	23,20	331.720,08 **	3,9802 **
Adicionais (A)	3	0,1126	2,42	38.563,46	1,4865
F vs. A	1	0,0855	69,58	268.588,92	6,0159
Adicionais' (A')	(4')	0,0869	6,33	155.511,30	1,4305
Linear	1	0,0015	14,40	406.697,80	0,1525
Quadrático	1	0,2028 *	5,78	213.574,80	3,3077
Cúbico	1	0,1256	0,23	1.242,13	0,1092
Desvio	1	0,0177	4,91	530,47	2,1526
T/Coimbra	(19)	0,1821 **	58,59 **	327.837,70 **	14,0381 **
Fatorial (F)	15	0,2092 **	58,47 **	390.154,12 **	16,9343 **
Adicionais (A)	3	0,0544	52,42	125.494,80	0,1727
F vs. A	1	0,1587	78,90	120,10	12,1913 **
Adicionais' (A')	(4')	0,1516 *	85,83 *	235.801,50	19,6179 **
Linear	1	0,0635	13,22	398.335,80	41,9226 **
Quadrático	1	0,2955 *	117,16 *	149.314,90	27,3141 **
Cúbico	1	0,2405 *	72,90	158.339,80	6,6831 *
Desvio	1	0,0069	140,04 **	237.215,50	2,5518
Resíduo	114	0,0498	20,30	108.114,00	1,5986
C.V. (%)		4,91	5,83	11,30	3,47

** F significativo em nível de 1% de probabilidade.

* F significativo em nível de 5% de probabilidade.

(4') Esse GL está acrescido de uma unidade, por ter sido considerado o tratamento N₀ Mo₀ do fatorial.

Quadro 8 - Análise de variância conjunta, com o desdobramento dos G.L., “dentro” de cada local, dos dados relativos ao teor de N total nas folhas, altura de planta, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos, dos tratamentos que receberam o Mo por via das sementes (adicionais), em Viçosa e Coimbra, no ano agrícola de 1996/97

FV	GL	Quadrado médio			
		N total	Altura de planta	Produtividade de grãos	Proteína bruta
Blocos/locais	6	0,3077	94,71	314.158,50	1,0188
Locais (L)	1	94,2335 **	71.191,41 **	37.238.440,00 **	0,0168
Tratamentos (T)	19	0,2426 **	209,23 **	450.250,60 **	11,7264 **
L x T	19	0,1250 **	65,75	273.482,00 **	9,7356 **
T/L ₁ (Viçosa)	(19)	0,2815 **	97,38 **	270.481,00 **	4,1939 **
Fatorial (F)	15	0,3226 **	86,53 *	126.961,38	5,1392 **
Adicionais (A)	3	0,1422 *	116,91 *	511.774,60 **	0,0575
F vs. A	1	0,0829	201,51 *	1.699.394,50 **	2,4236
Adicionais' (A')	(5')	0,2316 **	101,07 *	437.058,81 **	1,8278
N	1	0,5856 **	80,67	24.236,07	2,1064
Mo	2	0,1754 *	58,17	385.570,20 *	0,0607
N x Mo	2	0,1109	154,17 *	694.958,80 **	3,4556 *
T/L ₂ (Coimbra)	(19)	0,0860 *	177,60 **	453.251,30 **	17,2682 **
Fatorial (F)	15	0,0635	186,73 **	540.629,14 **	18,6003 **
Adicionais (A)	3	0,2143 **	136,50 *	164.380,00	2,0158
F vs. A	1	0,0386	163,95 *	9.197,60	43,0439 **
Adicionais' (A')	(5')	0,1315 *	177,74 **	520.457,65 **	30,7082 **
N	1	0,2705 *	392,04 **	740.030,90 **	9,6393 **
Mo	2	0,1059	143,17 *	912.368,80 **	71,7682 **
N x Mo	2	0,0877	105,17	18.759,87	0,1826
Resíduo	114	0,0449	41,38	83.629,86	0,9253
C.V. (%)		5,54	7,59	9,82	2,92

** F significativo em nível de 1% de probabilidade.

* F significativo em nível de 5% de probabilidade.

(5') Esse GL está acrescido de duas unidades, por terem sido considerados os tratamentos N₀, Mo₀ e N₄₀ Mo₀ do fatorial principal.

Quadro 9 - Análise de variância conjunta, com o desdobramento dos G.L. de tratamentos, “dentro” de cada local, dos dados referentes a índice de nitrato, altura da primeira vagem e “stand” final, dos experimentos de Viçosa e Coimbra, no ano agrícola de 1995/96

FV	GL	Quadrado médio		
		Índice de nitrato	Altura da primeira vagem	“Stand” final
Blocos/locais	6	0,0720	13,9333	2,18
Locais (L)	1	0,6477 **	516,2424 **	106,44 **
Tratamentos (T)	19	0,0317 **	1,2068	10,46
L x T	19	0,0088	1,5907	7,35
T/Viçosa	(19)	0,0195	0,4933	2,02
Fatorial (F)	(15)	0,0152	0,4415	1,73
N	3	0,0333 *	0,7462	0,03
Mo	3	0,0139	0,0287	2,00
N x Mo	9	0,0097	0,4775	1,66
Adicionais (A)	3	0,0171	0,5483	3,35
F vs. A	1	0,0912	1,1053	2,31
Adicionais' (A')	(4')	0,0201	0,4193	2,82
Linear	1	0,0002	1,0562	0,20
Quadrático	1	0,0765 *	0,3944	4,67
Cúbico	1	0,0027	0,2250	0,25
Desvio	1	0,0010	0,0016	6,15
T/Coimbra	(19)	0,0211 *	2,3042 *	15,80 **
Fatorial (F)	(15)	0,0131	2,5703 *	11,32
N	3	0,0093	3,7652 *	1,19
Mo	3	0,0185	3,5135 *	24,38 *
N x Mo	9	0,0126	1,8576	10,35
Adicionais (A)	3	0,0032	0,6883	5,16
F vs. A	1	0,1948 **	3,1604	114,80 **
Adicionais' (A')	(4')	0,0157	1,4408	20,14 *
Linear	1	0,0160	3,6603	37,38 *
Quadrático	1	0,0402	0,0016	12,07
Cúbico	1	0,0009	1,7222	8,56
Desvio	1	0,0057	0,3791	22,57
Resíduo	114	0,0118	1,2950	6,52
C.V. (%)		32,06	15,04	10,66

** F significativo em nível de 1% de probabilidade.

* F significativo em nível de 5% de probabilidade.

(4') Esse GL está acrescido de uma unidade, por ter sido considerado o tratamento N₀ Mo₀ do fatorial.

Quadro 10 - Análise de variância conjunta, com o desdobramento dos G.L. de tratamentos, “dentro” de cada local, dos dados referentes a índice de nitrato, altura da primeira vagem e “stand” final, dos experimentos de Viçosa e Coimbra, no ano agrícola de 1996/97

FV	GL	Quadrado médio		
		Índice de nitrato	Altura da primeira vagem	“Stand” final
Blocos/locais	6	0,3675	3,9226	8,17
Locais (L)	1	14,6531 **	26,9780 **	414,41**
Tratamentos (T)	19	0,0931 **	6,9962 *	10,75 **
L x T	19	0,0692 **	7,8128 *	15,87 **
T/Viçosa	(19)	0,0329	2,2519	23,93 **
Fatorial (F)	(15)	0,0359	2,3657	5,30
N	3	0,0828	4,2531	11,93 *
Mo	3	0,0431	3,5018	5,45
N x Mo	9	0,0178	1,3579	3,03
Adicionais (A)	3	0,0137	0,9842	50,44 **
F vs. A	1	0,0455	4,3480	223,89 **
Adicionais' (A')	(5')	0,0202	2,1934	58,81 **
N	1	0,0122	1,0838	12,52
Mo	2	0,0245	4,2467	108,63 **
N x Mo	2	0,0200	0,6950	32,14 **
T/Coimbra	(19)	0,1294 **	12,5571 **	2,69
Fatorial (F)	(15)	0,1562 **	12,6857 **	1,87
N	3	0,3656 **	38,3879 **	2,47
Mo	3	0,1092 *	11,2596 *	0,74
N x Mo	9	0,1021 **	4,5936	2,05
Adicionais (A)	3	0,0325	14,7500 *	3,34
F vs. A	1	0,0181	4,0494	13,14
Adicionais' (A')	(5')	0,0769 *	13,3397 **	3,34
N	1	0,0417	3,6817	4,89
Mo	2	0,1697 **	21,1267 **	4,15
N x Mo	2	0,0018	10,3817	1,76
Resíduo	114	0,0318	3,8079	3,94
C.V. (%)		32,31	23,33	7,94

** F significativo em nível de 1% de probabilidade.

* F significativo em nível de 5% de probabilidade.

(5') Esse GL está acrescido de duas unidades, por terem sido considerados os tratamentos N₀, Mo₀ e N₄₀ Mo₀ do fatorial principal.

Quadro 11 - Diferenças entre as médias dos tratamentos constituídos pelas mesmas combinações de doses de N e Mo, porém com o Mo aplicado por duas diferentes vias (sementes em relação à foliar), das características N total nas folhas (N total), índice de nitrato (I - NO₃⁻), altura de planta (Alt. P.), altura da primeira vagem (Alt. 1ª V.), "stand" final ("Stand"), produtividade (Produt.), e proteína bruta nos grãos (P B), dos experimentos de Viçosa e Coimbra, nos anos agrícolas de 1995/96 e 1996/97

N (kg/ha)	Mo (g/ha)	N total (dag/kg)	I - NO ₃ ⁻ (%)	Alt. P. (cm)	Alt. 1ª V. (cm)	"Stand" (plantas/m ²)	Produt. (kg/ha)	P B (dag/kg)
VIÇOSA 1995/96								
40	40	0,34 *	-0,17 *	-1,75 n.s.	0,65 n.s.	-2,71 n.s.	134 n.s.	-1,5 n.s.
40	80	-0,12 n.s.	-0,01 n.s.	-1,75 n.s.	0,40 n.s.	0,50 n.s.	-8 n.s.	-1,9 *
COIMBRA 1995/96								
40	40	-0,26 n.s.	-0,19 *	3,75 n.s.	0,15 n.s.	0,75 n.s.	131 n.s.	0,0 n.s.
40	80	-0,30 n.s.	-0,08 n.s.	-1,25 n.s.	-1,12 n.s.	-0,71 n.s.	-81 n.s.	1,1 n.s.
VIÇOSA 1996/97								
0	40	0,17 n.s.	0,00 n.s.	-2,25 n.s.	1,27 n.s.	-8,38 **	-458 *	-1,1 n.s.
0	80	-0,16 n.s.	0,15 n.s.	7,75 n.s.	-1,45 n.s.	-5,83 **	-49 n.s.	-0,2 n.s.
40	40	0,33 *	0,00 n.s.	0,00 n.s.	-0,90 n.s.	-0,71 n.s.	84 n.s.	0,6 n.s.
40	80	-0,40 **	-0,04 n.s.	-12,50 **	-2,02 n.s.	-4,67 **	-257 n.s.	0,4 n.s.
COIMBRA 1996/97								
0	40	0,11 n.s.	0,01 n.s.	-3,25 n.s.	0,00 n.s.	-1,08 n.s.	-5 n.s.	1,3 n.s.
0	80	-0,34 *	0,22 n.s.	0,75 n.s.	-0,30 n.s.	1,54 n.s.	288 n.s.	-1,0 n.s.
40	40	0,44 **	0,01 n.s.	3,00 n.s.	1,85 n.s.	0,54 n.s.	-313 n.s.	0,7 n.s.
40	80	0,03 n.s.	0,02 n.s.	-1,25 n.s.	-0,85 n.s.	1,71 n.s.	27 n.s.	0,0 n.s.

n.s.: não significativo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

* e **: significativo em nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

4.2. Teor de N total nas folhas

4.2.1. Ano agrícola de 1995/96

A análise de variância conjunta dos dados referentes ao teor de N total nas folhas dos tratamentos do fatorial revelou efeito significativo de N e Mo, em Viçosa, e de Mo e da interação N x Mo, em Coimbra (Quadro 6).

Esta característica foi influenciada significativamente pelo Mo aplicado nas sementes (tratamentos adicionais), em Viçosa e Coimbra (Quadro 7).

4.2.1.1. Viçosa

A combinação de 116 kg/ha de N + 91 g/ha de Mo via foliar apresentou um máximo de 4,88 dag/kg desta característica (Figura 4). Essa associação de doses promoveu incrementos no teor de N total de 8,7 %, 5,0 % e de 14,3 %, quando comparada a N_0Mo_{91} , $N_{116}Mo_0$ e N_0Mo_0 , respectivamente. O teor de N total nas folhas aumentou de forma quadrática com o emprego de doses crescentes de N, mas a presença de Mo melhorou esse incremento. O maior efeito do N, sobre o teor de N total, pode ser devido ao fato de o macronutriente ser o substrato para a formação de compostos orgânicos com N (N orgânico), que representa a maior proporção do N total e, ainda, a outra parcela do N total, o $N-NO_3^-$, pode também ser acumulada nas folhas. Mesmo quando não se aplicou o Mo, o micronutriente fornecido pelo solo e, ou, pelas sementes, deve ter sido suficiente para a síntese e atividade da enzima redutase do nitrato. Por sua vez, os incrementos obtidos com as doses crescentes de Mo, na ausência da aplicação de N, foram bem menores. Isso, provavelmente, tenha sido devido a um baixo poder do solo em fornecer N à cultura, o que pode ter reduzido o papel do Mo na formação da enzima redutase do nitrato e, ou, ainda, devido a limitações na eficiência do sistema de fixação simbiótica de N, o que deve também ter restringido a função do Mo na formação da enzima nitrogenase. Contudo, ao associar-se $N_{116} + Mo_{91}$, obtiveram-se altas concentrações de substrato e enzima para a sua redução, levando a maiores teores de N total nas folhas. Apesar de ter

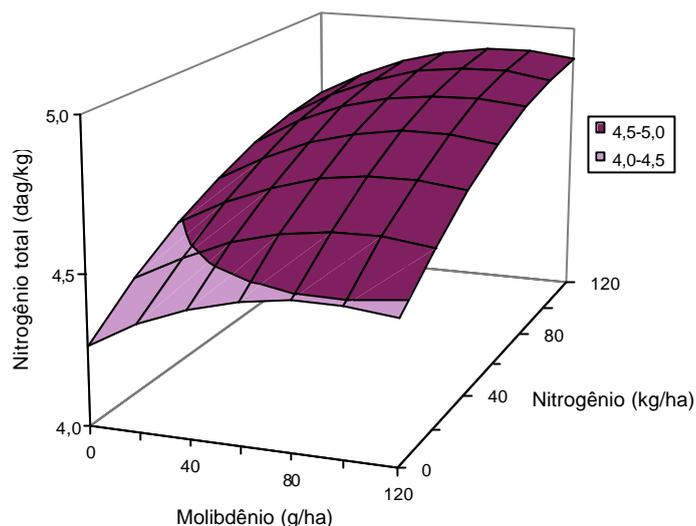
sido utilizada uma fonte amoniacal de N, devido às reações de nitrificação que ocorrem no solo, em poucos dias todo o NH_4^+ pode estar disponível para a planta na forma de NO_3^- . Após a absorção do NO_3^- , uma significativa parte é armazenada nas raízes, uma porção pode ser reduzida nas raízes e o resto é translocado para a parte aérea onde será reduzido ou armazenado na forma de NO_3^- . Este é reduzido a NH_4^+ pela atividade de nitrato redutase e nitrito redutase em reações localizadas, respectivamente, no citoplasma e no cloroplasto (REDINBAUGH e CAMPBELL, 1991). O NH_4^+ é incorporado em cetoácidos, formando aminoácidos, os quais seguem diferentes rotas metabólicas, como a síntese de proteínas, coenzimas e ácidos nucleicos, dentre outras moléculas vitais (MARSCHNER, 1995). Se o N for absorvido sob a forma de NH_4^+ , tem que ser logo incorporado a esqueletos carbônicos na raiz, sendo translocado para a parte aérea na forma de aminoácidos, amidas e compostos relacionados para posterior utilização, não podendo ser armazenado, por ser tóxico à planta, atuando como desacoplador da fotofosforilação (MARSCHNER, 1995). Este raciocínio também é válido quando o N é fixado simbioticamente. Todas estas considerações justificam o fato de a maior proporção do N total na matéria seca das folhas se encontrar sob a forma de N orgânico, o que explicaria a considerável elevação no teor de N total nas folhas obtida com a aplicação do N em cobertura. PARKER e HARRIS (1977) observaram, em variedade não-nodulante, aumento nos teores de N total nas folhas com a aplicação de N mineral, tanto na ausência como na presença de Mo. Por outro lado, a soja nodulante respondeu ao N apenas na ausência do Mo. MAEDA e KURIHARA (1995) não verificaram aumento no teor de N nas folhas com o emprego de N mineral em tratamento sem inoculação. RUIZ et al. (1995) observaram que a concentração crítica de N nas folhas foi menor em plantas não-inoculadas do que as inoculadas. CERVI (1986) observou aumento nos teores de N na folha com a aplicação de Mo, via foliar, próximo aos 30 dias após a semeadura. Ressalta-se que os dados observados (Quadro 2) estão todos dentro da faixa considerada adequada por Weir (1983), citado por REUTER (1986), que é de 4,2 – 5,4 dag/kg de N total nas folhas. Paí et al. (1976), citado por REUTER (1986), obtiveram, em

condições experimentais, a faixa de 4,0 – 4,5 dag/kg de N total para produção máxima de grãos.

Com a aplicação de 39 g/ha de Mo nas sementes, o teor máximo de N total nas folhas foi de 4,84 dag/kg (Figura 5), um incremento de 5,0 % em relação ao estimado com o tratamento N₄₀Mo₀, lembrando que os tratamentos adicionais foram todos combinados com a dose única de 40 kg/ha de N. O Mo colocado diretamente em contato com as sementes deve ter sido mais eficiente na síntese da enzima redutase do nitrato, sendo que doses relativamente pequenas se fizeram suficientes e, acima dessas, se tornaram tóxicas, inativando a enzima, conforme preconizam SAIRAM et al. (1995). Deve ser considerado ainda o efeito do Mo sobre a nitrogenase, em que as doses acima de 39 g/ha podem ter sido prejudiciais à atividade dessa enzima. Diversos autores (PARKER e HARRIS, 1962; RUSCHEL e EIRA, 1969; VITTI et al., 1984) também obtiveram aumentos nos teores de N nas folhas quando aplicaram Mo nas sementes.

Comparando as formas de aplicação do Mo com a dose de 40 kg/ha de N, notou-se que o teor de N total nas folhas foi 2,76 % maior com a aplicação do Mo nas sementes quando comparado à sua aplicação por via foliar (39 g/ha de Mo = 4,84 dag/kg e 91 g/ha de Mo = 4,71 dag/kg, respectivamente) (Figura 5), mostrando maior eficiência do micronutriente aplicado nas sementes, em que uma dose 57 % menor promoveu melhor resultado.

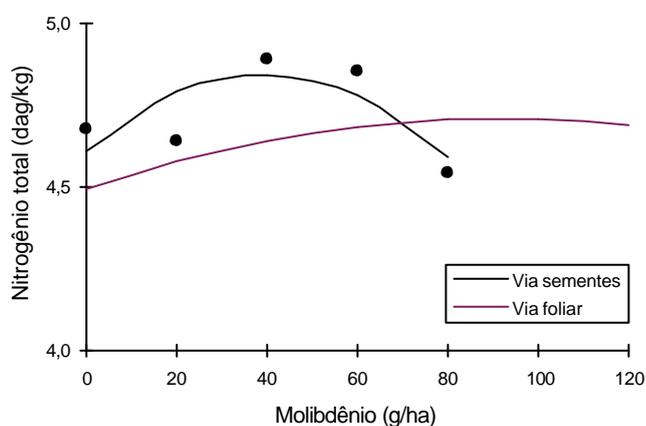
O tratamento N₄₀ Mo₄₀, com o Mo administrado por via das sementes, causou um teor de N total nas folhas 7,50 % superior quando comparado à sua pulverização nas folhas (P < 0,05) (Quadro 11), provavelmente devido à maior eficiência do micronutriente aplicado nas sementes, até essa dose, na síntese e atividade da enzima redutase do nitrato e também da nitrogenase.



$$\hat{Y} = 4,27 + 0,006631^* * N - 0,00002868^0 N^2 + 0,004895^* * Mo - 0,00002692^0 Mo^2 \quad R^2 = 0,71$$

⁰ e ^{**} Significativo em nível de 10 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 4 - Teores de N total nas folhas em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 4,61 + 0,01173 Mo - 0,0001504^* Mo^2 \quad R^2 = 0,60$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 4,49 + 0,004895^* * Mo - 0,00002692^0 Mo^2 \quad R^2 = 0,71$$

⁰, ^{*} e ^{**} Significativo em nível de 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

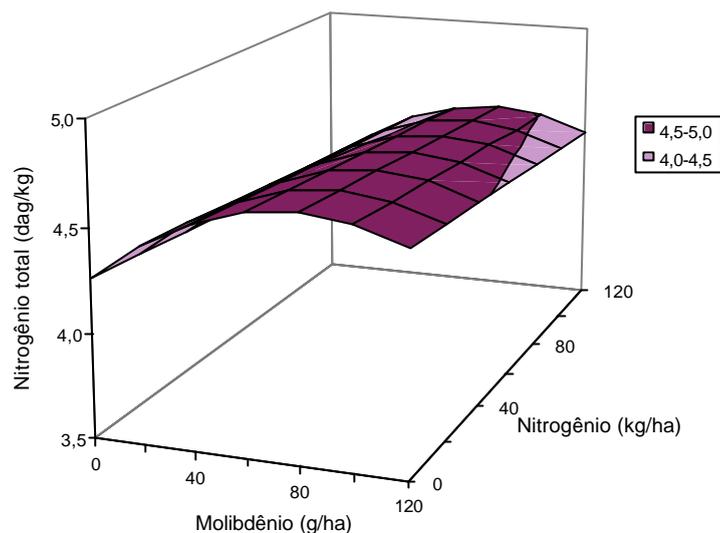
Figura 5 - Teores de N total nas folhas em função de doses de Mo via sementes e via foliar, com 40 kg/ha de N em cobertura, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.

4.2.1.2. Coimbra

Neste local, os resultados foram diferentes dos obtidos em Viçosa. Constatou-se um pequeno efeito depressivo das doses de N (sulfato de amônio) sobre o teor de N total nas folhas. A provável ação da interação N x S do fertilizante teria elevado a produção de matéria seca, resultando na diluição dos teores de N total nas folhas. Ademais, a acidificação da rizosfera, provocada pelo sulfato de amônio, pode ter aumentado a disponibilidade de alguns micronutrientes, o que também teria contribuído para a maior produção de matéria seca das folhas e diluição do teor de N total nelas. Por sua vez, as doses crescentes de Mo, aplicadas por via foliar, produziram uma resposta quadrática desta característica, com um máximo de 4,66 dag/kg, obtido com 79 g/ha de Mo, na ausência da aplicação de N (Figura 6), um incremento de 9,1 % em relação ao tratamento N₀ Mo₀. O micronutriente deve ter sido utilizado principalmente na síntese da enzima nitrogenase, promovendo a fixação do N atmosférico, com a conseqüente elevação nos teores de N orgânico, o que determinou maiores teores de N total nas folhas. Pode, ainda, ter participado na formação da enzima redutase do nitrato na planta, estimulada pelo nitrato fornecido pelo solo.

Com a aplicação de doses crescentes de Mo nas sementes, constatou-se uma resposta cúbica do teor de N total nas folhas, fenômeno de difícil explicação biológica. Considerando apenas o ponto de máximo (Figura 7), a dose de 27 g/ha de Mo determinou o teor máximo de N total nas folhas de 4,47 dag/kg, um incremento de 13,2 % em relação ao tratamento N₀ Mo₀. A queda nos teores de N total com as doses de Mo acima de 27 g/ha, pode estar relacionada ao efeito tóxico de maiores concentrações do micronutriente sobre a enzima redutase do nitrato. De acordo com SAIRAM et al. (1995), parece presumível que sob condições de excessivo Mo, mais do que um átomo desse elemento pode-se ligar a essa enzima tornando-a biologicamente inativa.

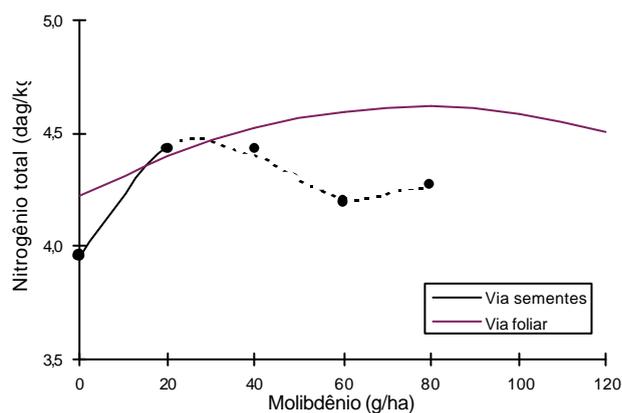
Comparando as formas de aplicação do Mo com a dose de 40 kg/ha de N, observou-se que o teor de N total nas folhas foi 3,25 % inferior com a aplicação do Mo nas sementes em relação ao seu emprego por via foliar (26,8 g/ha de Mo = 4,47 dag/kg e 79 g/ha de Mo = 4,62 dag/kg, respectivamente) (Figura 7).



$$\hat{Y} = 4,27 - 0,001145 * N + 0,01007 * Mo - 0,00006386 * Mo^2 \quad R^2 = 0,50$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 6 - Teores de N total nas folhas em função de doses de N em cobertura e de Mo foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 3,96 + 0,04431 Mo - 0,001151 * Mo^2 + 0,000008078 * Mo^3 \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 4,22 + 0,01007 * Mo - 0,00006386 * Mo^2 \quad R^2 = 0,50$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 7 - Teores de N total nas folhas em função de doses de Mo via sementes e via foliar, com 40 kg/ha de N em cobertura, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

4.2.2. Ano agrícola de 1996/97

A análise de variância conjunta, dos dados referentes aos teores de N total nas folhas dos tratamentos do fatorial principal, mostrou efeito significativo de N, de Mo e da interação N x Mo, em Viçosa, e apenas efeito de N, em Coimbra (Quadro 6).

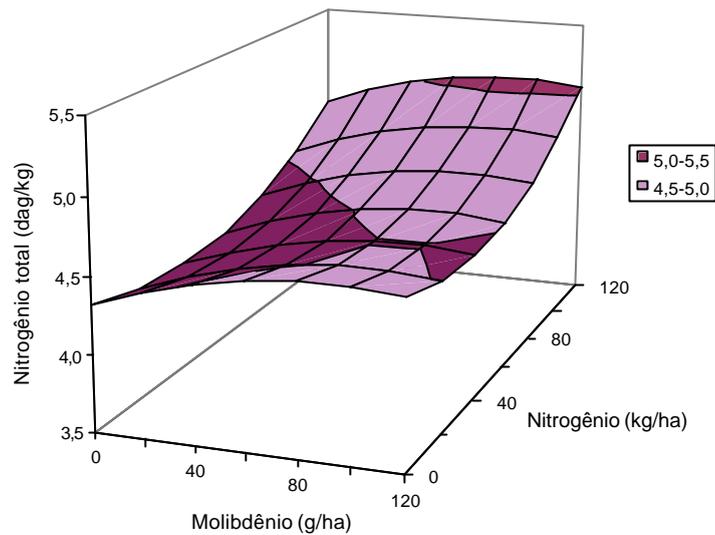
Com relação aos tratamentos adicionais, a análise conjunta revelou efeitos significativos de N e de Mo, em Viçosa, de N, em Coimbra (Quadro 8).

4.2.2.1. Viçosa

O sulfato de amônio teve efeito depressivo até a dose de 37,0 kg/ha de N. Acima dessa dose, observou-se uma elevação nos teores de N total nas folhas com a aplicação do fertilizante. Quando se associaram as doses de 120 kg/ha de N + 91 g/ha de Mo por via foliar, esta característica atingiu a estimativa máxima (5,07 dag/kg) (Figura 8), representando acréscimos de 10,0 %, 6,0 % e 17,4 % em relação a N_0Mo_{91} , $N_{120}Mo_0$ e N_0Mo_0 , respectivamente. Notou-se que o N incrementou mais o teor de N total nas folhas do que o Mo. O efeito depressivo, provocado pelo sulfato de amônio até a dose de 37 kg/ha de N, pode ter sido devido aos mesmos motivos apresentados em 4.2.1.2. Com doses mais elevadas do fertilizante, a diluição não teria ocorrido, possivelmente porque com 37 kg/ha de N a planta teria expressado todo o seu potencial de produção de matéria seca das folhas.

Com a aplicação do Mo nas sementes, o teor de N total nas folhas cresceu linearmente e a dose de 80 g/ha de Mo, na ausência de N, promoveu um teor de 4,73 dag/kg, um incremento de 6,0 % em relação à N_0Mo_0 (Figura 9). O N teve efeito depressivo, assemelhando-se ao resultado obtido com os tratamentos do fatorial.

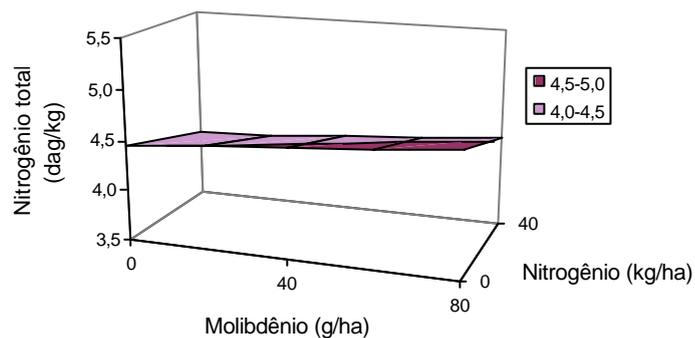
Comparando as formas de aplicação do Mo, notou-se que, na ausência da aplicação de N, o teor de N total nas folhas foi 2,60 % superior com a aplicação do Mo nas sementes (dose 12 % menor) em relação à sua



$$\hat{Y} = 4,32 - 0,006150 * N + 0,00008311 * N^2 + 0,006342 * Mo - 0,00003476 * Mo^2 \quad R^2 = 0,79$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 8 - Teores de N total nas folhas em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

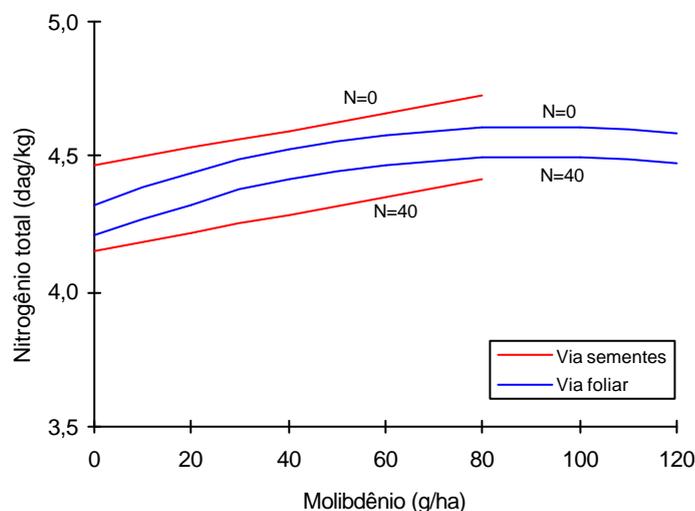


$$\hat{Y} = 4,46 - 0,007810 * N + 0,003297 * Mo \quad R^2 = 0,75$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 9 - Teores de N total nas folhas em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

pulverização nas folhas (80 g/ha de Mo = 4,73 dag/kg e 91 g/ha de Mo = 4,61 dag/kg, respectivamente), mostrando maior eficiência do micronutriente quando aplicado por aquela via. Na dose de 40 kg/ha de N, esse percentual foi 2,00 % menor com a aplicação do Mo nas sementes (80 g/ha de Mo = 4,41 dag/kg e 91 g/ha de Mo = 4,50 dag/kg) (Figura 10). A possível ação da interação N x S do sulfato de amônio pode ter provocado maior expansão foliar, levando a maiores taxas fotossintéticas. Com isso, a absorção do micronutriente pelas folhas teria sido favorecida, estimulando o metabolismo da planta. Com o aumento da produção e oferta de compostos orgânicos para os nódulos, teria havido maior atividade do *Bradyrhizobium*, aumentando a taxa de fixação simbiótica de N, o que se refletiu em maior incremento do teor de N total nas folhas.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 4,46 - 0,007810 * *N + 0,003297 * Mo \quad R^2 = 0,75$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 4,32 - 0,006150 * *N + 0,00008311 * *N^2 + 0,006342 * *Mo - 0,00003476 * Mo^2 \quad R^2 = 0,79$$

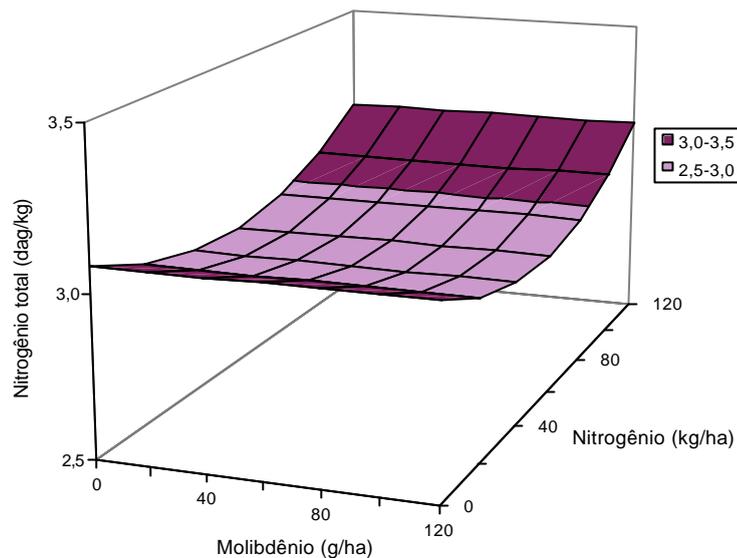
* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 10 - Cortes nas superfícies de resposta do teor de N total nas folhas, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

O tratamento N₄₀ Mo₄₀, com o Mo aplicado nas sementes, promoveu um teor de N total nas folhas 7,45 % superior ao do N₄₀ Mo₄₀ com aplicação foliar (P < 0,05) (Quadro 11), confirmando o resultado obtido neste mesmo local no ano agrícola de 1995/96, e que foi atribuído a maior eficiência do micronutriente, nessa dose, na atividade da redutase do nitrato, quando aplicado nas sementes. Mas o tratamento N₄₀ Mo₈₀ mostrou uma inferioridade de 8,51 % com a aplicação do Mo nas sementes em relação à sua aplicação por via foliar (P < 0,01) (Quadro 11), provavelmente porque o micronutriente aplicado nas folhas, nessa dose, tenha estimulado mais a fixação simbiótica do N, conforme apresentado no parágrafo anterior.

4.2.2.2. Coimbra

A adubação nitrogenada, até a dose de 54 kg/ha de N, reduziu o teor de N total nas folhas e, acima desse nível, passou a apresentar efeito positivo. Com o emprego da dose de 120 kg/ha de N, independentemente da aplicação foliar de Mo, esse teor foi de 3,16 dag/kg (Figura 11), um acréscimo de 2,3 % em relação à ausência da aplicação de N. Por ocasião da coleta de folhas para análise, observou-se pequena nodulação das plantas em todos os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido à presença no solo de algum fator desfavorável que tenha inibido o desenvolvimento das estirpes de *Bradyrhizobium* inoculadas e, ou, favorecido a prevalência das estirpes nativas, possivelmente pouco eficientes no processo de fixação. Provavelmente, esse solo possuía uma pequena capacidade de fornecer N para as plantas. Tudo isso pode ter sido responsável pelo efeito não-significativo do Mo, uma vez que ele pode ter sido pouco requisitado para a síntese das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato. A aplicação de 54,6 kg/ha de N deve ter inibido a fixação simbiótica do N, que já era pequena, com a conseqüente redução no teor de N orgânico nas folhas. Contudo, com a aplicação de doses maiores de N, é provável que a síntese da redutase do nitrato tenha sido estimulada, levando a um aumento da incorporação do N em compostos orgânicos, promovendo uma elevação no teor de N total nas folhas.



$$\hat{Y} = 3,09 - 0,005265 * N + 0,00004905 * N^2 \quad R^2 = 0,96$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 11 - Teores de N total nas folhas em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

É ainda bastante provável que tenha havido uma modificação do estado nutricional das plantas após a época em que estas foram amostradas. Isto porque, apesar de a análise ter revelado uma elevação do índice de NO_3^- nas folhas com as aplicações de doses de N e Mo (Figura 14), houve também aumento da altura de planta e da produtividade com esses nutrientes, sendo que as doses de Mo elevaram também o teor de proteína nos grãos (Figuras 20, 35 e 44), conforme será visto adiante. É possível, também, que até 54 kg/ha N tenha havido maior produção de matéria seca, em conseqüência da provável ação da interação N x S do sulfato de amônio, bem como da maior disponibilização de micronutrientes devido acidificação do solo provocada pelo fertilizante, causando um efeito de diluição nos teores de N total nas folhas. Salienta-se que todas as médias dos dados observados (Quadro 5) se encontram dentro da faixa considerada deficiente por Weir (1983), citado por REUTER (1986), que é de 2,2 – 3,2 dag/kg de N total nas folhas.

As doses de Mo, quando aplicadas nas sementes, também não mostraram efeito significativo sobre o teor de N total nas folhas (Quadro 5), provavelmente por causa dos mesmos motivos apresentados para a aplicação por via foliar. Entretanto, a dose de 40 kg/ha de N, em relação à ausência de sua aplicação, elevou em 5,0 % esta característica.

Observou-se que a aplicação da dose de 40 kg/ha de N, nos tratamentos adicionais, surtiu o mesmo efeito que a dose de 120 kg/ha de N, nos tratamentos do fatorial principal, determinando, ambas, um teor de N total nas folhas da ordem de 3,16 dag/kg.

O tratamento N₀ Mo₈₀ produziu um teor de N total nas folhas 10,90 % inferior com a aplicação do Mo nas sementes em relação à sua pulverização foliar ($P < 0,05$) (Quadro 11), possivelmente devido a maior estímulo no metabolismo da planta e da fixação simbiótica do N com a aplicação foliar do micronutriente. Com o tratamento N₄₀ Mo₄₀ esse percentual foi de 15,30 % a favor da aplicação do Mo nas sementes ($P < 0,01$) (Quadro 11), evidenciando maior eficiência do micronutriente aplicado por esta via, em menores quantidades. Aqui é provável que o Mo tenha participado mais da enzima redutase do nitrato do que da nitrogenase.

4.3. Índice de nitrato

4.3.1. Ano agrícola de 1995/96

Os dados de índice de nitrato, obtidos com os tratamentos do fatorial, quando submetidos à análise de variância conjunta revelaram efeito significativo apenas de N e semente em Viçosa (Quadro 9).

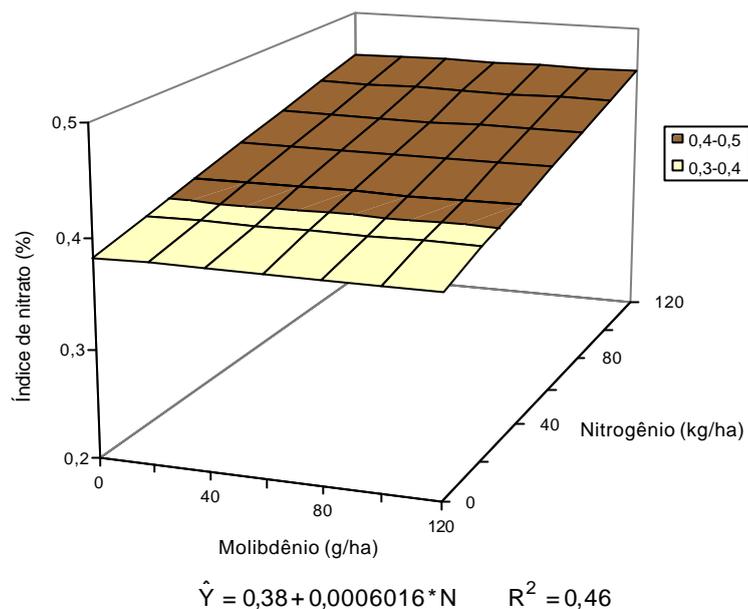
A análise dos tratamentos adicionais mostrou significância de Mo, em Viçosa (Quadro 9).

4.3.1.1. Viçosa

A dose de 120 kg/ha de N, independentemente da aplicação foliar de Mo, determinou um índice de NO_3^- de 0,45 %, um acréscimo de 18,4 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 (Figura 12). As doses de N elevaram também, em menor magnitude, o teor de N total nas folhas (Figura 4). Como o índice de nitrato corresponde à proporção de nitrogênio na forma de N-NO_3^- , em relação ao N total, depreende-se daí que a fertilização nitrogenada elevou em maior proporção o N-NO_3^- do que o N orgânico, evidenciando a carência de uma maior eficiência da atividade da enzima redutase do nitrato. Segundo Nieuwhof (1994), citado por PACHECO (1996), o índice de nitrato caracteriza a capacidade de redução do nitrato pela planta e, desta forma, o potencial para o acúmulo de nitrato. Com relação ao Mo, acredita-se que o micronutriente tenha sido mais eficiente na síntese e atividade da enzima nitrogenase. Contudo, os acréscimos nos teores de N total obtidos não foram suficientes para afetar o índice de nitrato.

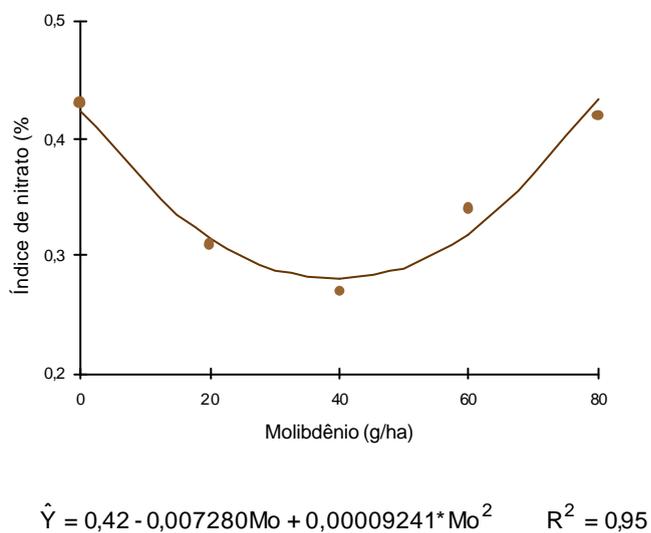
Quando o Mo foi aplicado nas sementes, 39 g/ha determinou um ponto de mínimo com um índice de nitrato de 0,28 % (Figura 13), uma redução de 33,0 % em relação ao tratamento N_{40}Mo_0 . Com 39 g/ha de Mo obteve-se, também, o teor máximo de N total nas folhas (Figura 5). Estes resultados mostram a grande importância do micronutriente na atividade da enzima redutase do nitrato, e que a dose ideal para aplicação nas sementes é da ordem de 40 g/ha de Mo. A enzima ao reduzir o nitrato a nitrito – primeiro passo para a sua redução a amônio – deve ter iniciado o processo de conversão do N-NO_3^- a N orgânico, o que teria elevado o teor de N total e reduzido o índice de nitrato nas folhas. O Mo pode também ter participado da enzima nitrogenase, promovendo maiores teores de N orgânico, o que teria aumentado o teor de N total nas folhas, contribuindo para a redução do índice de nitrato.

O índice de nitrato foi 38,64 % inferior no tratamento N_0Mo_{40} com o micronutriente aplicado nas sementes em relação à sua utilização por via foliar ($P < 0,05$) (Quadro 11), confirmando a maior eficiência do Mo, aplicado em menores quantidades nas sementes, na síntese e atividade da enzima redutase do nitrato.



* Significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 12 - Índice de nitrato em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.



* Significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 13 - Índice de nitrato em função de doses de Mo via sementes, com 40 kg/ha de N em cobertura, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.

4.3.1.2. Coimbra

A média de índice de nitrato, obtida com os tratamentos do fatorial, foi de 0,30 %, e com os tratamentos adicionais, de 0,21 % (Quadro 3).

O tratamento $N_{40} Mo_{40}$ determinou um índice de nitrato 51,35 % inferior com o Mo aplicado nas sementes em relação ao seu emprego por via foliar ($P < 0,05$) (Quadro 11), mostrando maior eficiência do micronutriente empregado nas sementes na atividade da enzima redutase do nitrato.

4.3.2. Ano agrícola de 1996/97

A análise de variância conjunta dos dados de índice de nitrato, obtidos com os tratamentos do fatorial principal, revelou efeitos significativos de N, de Mo e da interação N x Mo, apenas em Coimbra (Quadro 10).

Com os tratamentos adicionais obteve-se significância de Mo, também somente em Coimbra (Quadro 10).

4.3.2.1. Viçosa

Com os tratamentos do fatorial principal obteve-se uma média de índice de nitrato de 0,26 % e, com os tratamentos adicionais, de 0,21 % (Quadro 4).

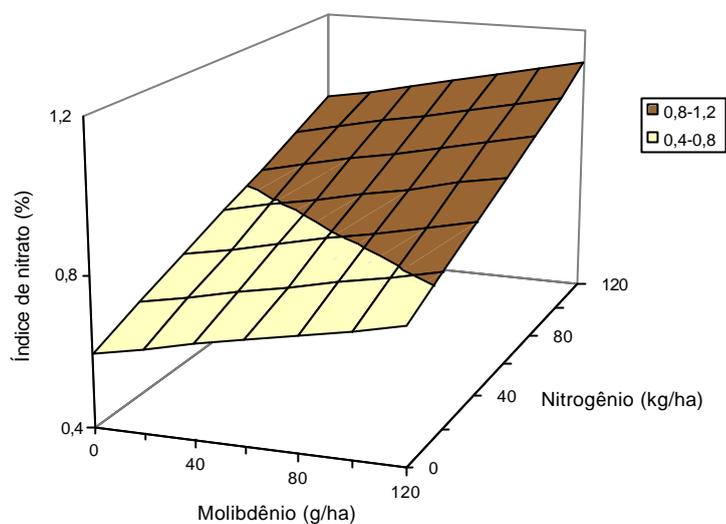
4.3.2.2. Coimbra

Constatou-se uma resposta linear crescente do índice de nitrato às doses de N e de Mo (Figura 14). A associação da dose de 120 kg/ha de N com a de 120 g/ha de Mo por via foliar determinou o índice de nitrato de 1,10 %, um acréscimo de 86,0 % em relação à N_0Mo_0 . Com 120 kg/ha de N, na ausência da aplicação de Mo, esse índice foi de 0,94 %, uma elevação de 59,0 % em relação à N_0Mo_0 . Quando se empregou 120 g/ha de Mo e não se aplicou o N, o índice foi de 0,76 %, um acréscimo de 29,0 %. Esses resultados são difíceis de serem

explicados devido ao grande número de fatores que influenciam os processos de absorção, translocação, redução e assimilação do nitrato na planta. É provável que tenha havido uma pequena atividade da enzima redutase do nitrato. Com a aplicação de doses de N observou-se uma redução no teor de N total nas folhas (Figura 11). De acordo com Nieuwhof (1994), citado por PACHECO (1996), quanto menor for o teor de N total e maior o índice de nitrato, maior é o potencial de acúmulo de nitrato. Com relação ao Mo, ele não afetou o teor de N total nas folhas (Figura 11), porém deve ter elevado o seu teor de N-NO_3^- , fazendo com que o índice de nitrato também aumentasse. É possível que a concentração de Mo no solo tenha sido suficiente para atender à demanda da planta e, com a aplicação do micronutriente, houve excesso, prejudicando a atividade da redutase do nitrato. SAIRAM et al. (1995) verificaram que o efeito inibitório do Mo, em altas doses, sobre a assimilação do nitrato em *Phalaris*, se devia à sua ação prejudicial na enzima redutase do nitrato, devido ao fato de mais de um átomo de Mo se ligar à enzima, tornando-a biologicamente inativa. Por outro lado, se o Mo nativo do solo tivesse sido suficiente para o metabolismo da planta, não era de se esperar aumento tão grande no índice de nitrato (59 %) como o obtido com as doses de N. Como foi observada uma pequena nodulação em todos os tratamentos, a nitrogenase deve ter sido pouco eficiente, o que pode também ter contribuído para a elevação do índice de nitrato.

Com a aplicação do Mo nas sementes, houve um crescimento linear do índice de nitrato (Figura 15). Com a dose de 80 g/ha de Mo, independentemente da aplicação de N, estimou-se um índice de nitrato de 0,96 %, um incremento de 43,0 % em relação à ausência da aplicação de Mo, provavelmente devido à ação prejudicial do excesso de Mo sobre a enzima redutase do nitrato, conforme já discutido anteriormente.

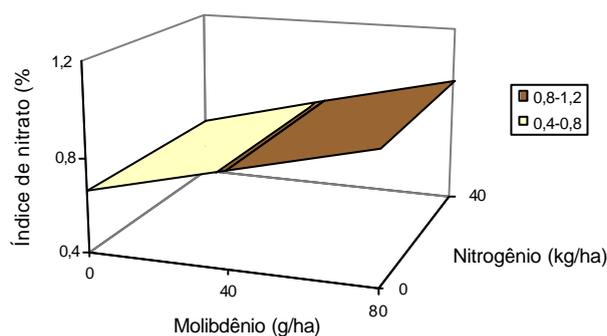
Comparando as formas de aplicação do Mo, constatou-se que na ausência da aplicação de N, o índice de nitrato foi 26,12 % superior com a aplicação do Mo nas sementes em relação ao seu uso por via foliar (80 g/ha de Mo = 0,96 % e 120 g/ha de Mo = 0,76 %, respectivamente), provavelmente devido ao maior efeito prejudicial do micronutriente aplicado nas sementes sobre a enzima redutase do nitrato. Na dose de 40 kg/ha de N, esse



$$\hat{Y} = 0,60 + 0,002839 * N + 0,001364 * Mo \quad R^2 = 0,54$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 14 - Índice de nitrato em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

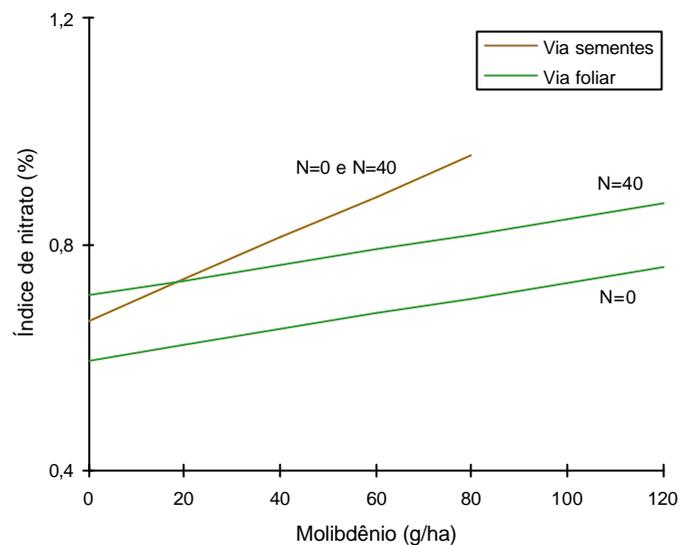


$$\hat{Y} = 0,66 + 0,003641 * Mo \quad R^2 = 0,88$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 15 - Índice de nitrato em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

percentual foi 9,63 % também maior com a aplicação do Mo nas sementes (80 g/ha de Mo = 0,96 % e 120 g/ha de Mo = 0,87 %, respectivamente) (Figura 16), sendo difícil explicar o motivo de o N ter elevado o índice de nitrato nos tratamentos do fatorial principal e não ter afetado a característica nos tratamentos adicionais.



Via sementes: $\hat{Y} = 0,66 + 0,003641 * Mo$ $R^2 = 0,88$

Via foliar: $\hat{Y} = 0,60 + 0,002839 * N + 0,001364 * Mo$ $R^2 = 0,54$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 16 - Cortes nas superfícies de resposta do índice de nitrato, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

4.4. Grau de acamamento

Nos quatro experimentos todas as plantas mantiveram-se eretas, possivelmente devido ao maior espaçamento adotado entre as fileiras (0,60 m) e a pequena densidade na linha de plantio (15 plantas por metro de sulco).

4.5. Altura de Planta

4.5.1. Ano agrícola de 1995/96

A análise de variância conjunta dos dados referentes à altura de planta dos tratamentos do fatorial mostrou efeito significativo apenas do Mo, mas somente em Coimbra (Quadro 6).

Com os tratamentos adicionais, obteve-se também efeito de Mo apenas em Coimbra (Quadro 7).

4.5.1.1. Viçosa

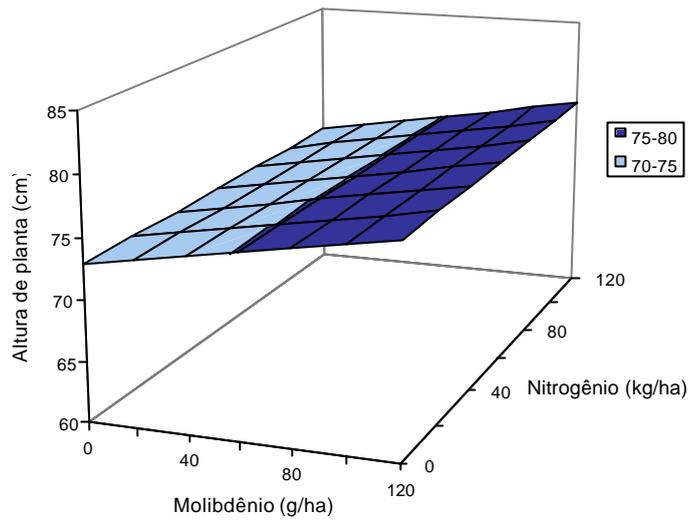
A média de altura de planta com a aplicação dos tratamentos do fatorial foi de 80,46 cm (Quadro 2). Provavelmente, a disponibilidade de N e de Mo do solo e, ou, a quantidade do N fixado simbioticamente tenham sido suficientes para atender a demanda da planta quanto a estes nutrientes, permitindo um crescimento normal e anulando, desta forma, o efeito dos tratamentos.

A média desta característica obtida com os tratamentos adicionais foi de 78,60 cm (Quadro 2).

4.5.1.2. Coimbra

A aplicação foliar da dose de 120 g/ha de Mo, independentemente da aplicação de N, possibilitou uma estimativa da altura de planta de 77,35 cm (Figura 17), um incremento de 6,2 % em relação à testemunha (N_0Mo_0). Trabalhando com feijão, JUNQUEIRA NETTO et al. (1977) obtiveram, com a aplicação foliar de 12,9 g/ha de Mo, um aumento de 9,0 % na altura de planta.

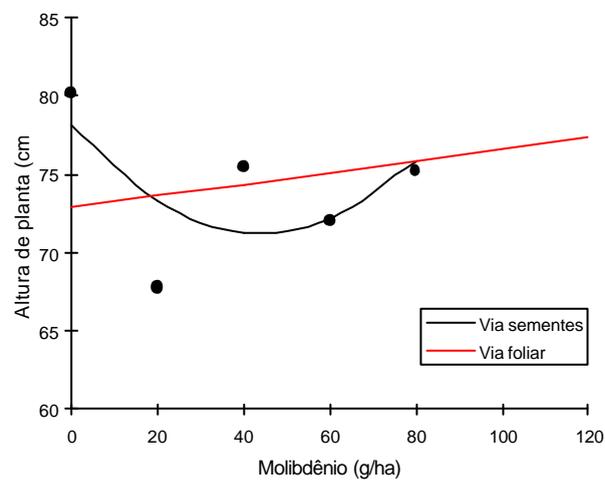
A aplicação de Mo nas sementes apresentou um efeito depressivo sobre a altura das plantas, sendo que 44 g/ha de Mo determinou altura mínima de 71,20 cm (Figura 18), uma redução de 9,8 % em relação à testemunha ($N_{40}Mo_0$), provavelmente devido a efeito tóxico do micronutriente no processo



$$\hat{Y} = 72,87 + 0,03734 * Mo \quad R^2 = 0,98$$

* Significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 17 - Altura de planta em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 78,19 - 0,3180Mo + 0,003616 * Mo^2 \quad R^2 = 0,38$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 72,87 + 0,03734 * Mo \quad R^2 = 0,98$$

* Significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 18 - Altura de planta em função de doses de Mo via sementes e via foliar, com 40 kg/ha de N em cobertura, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

de germinação, que levou a redução no “stand” final (Figura 28), como será visto em 4.7.1.2. Com isso as plantas teriam crescido menos, devido à redução da competição entre elas.

Comparando as formas de aplicação do Mo, na dose de 40 kg/ha de N, observou-se que com a aplicação foliar de 120 g/ha de Mo obteve-se uma altura de planta de 77,35 cm, ao passo que nos tratamentos adicionais (Mo aplicado nas sementes) a maior altura (78,19 cm) foi obtida na ausência da aplicação do micronutriente, representando uma diferença de 1,09 % (Figura 18). Com a pulverização do Mo nas folhas, apesar de ter havido elevação na altura das plantas, deve também ter aumentado a competição entre elas, resultando em redução (de forma quadrática) no “stand” final, como será visto em 4.7.1.2, impedindo incrementos ainda maiores na altura. Como o Mo aplicado nas sementes afetou de maneira mais drástica o “stand” final (reduziu em 19,4 %, Figura 28), isto deve, pelo menos em parte, ter sido responsável pela redução na altura das plantas, uma vez que em condições de menor densidade as plantas tendem a crescer menos em altura. Com isso, a ausência do micronutriente foi mais favorável para esta característica.

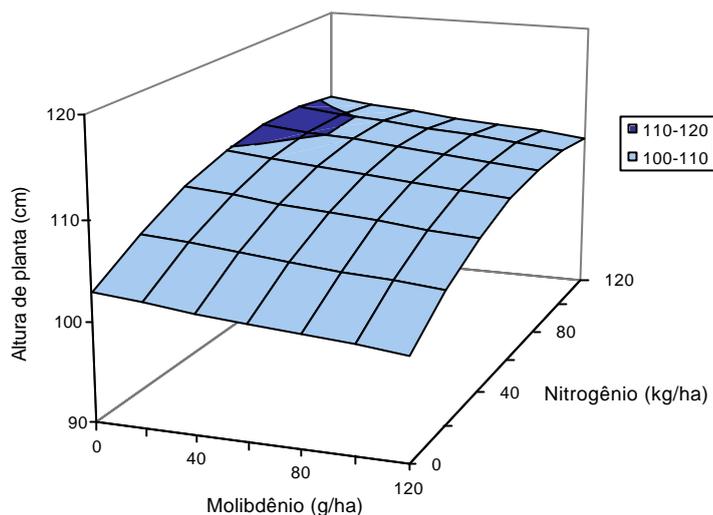
4.5.2. Ano agrícola de 1996/97

A análise de variância conjunta dos dados de altura de planta dos tratamentos do fatorial principal mostrou efeitos significativos de N e de Mo, em Viçosa, e de N, em Coimbra (Quadro 6).

Com os tratamentos adicionais, obteve-se significância apenas da interação N x Mo, em Viçosa, de N e de Mo, em Coimbra (Quadro 8).

4.5.2.1. Viçosa

Observou-se que, à medida que aumentava a dose de Mo aplicada por via foliar, diminuía a altura de planta, ocorrendo o inverso com as doses de N (Figura 19). Estimou-se uma altura máxima de 110,71 cm com a aplicação de 88,5 kg/ha de N, na ausência da aplicação de Mo, ou seja, um acréscimo de



$$\hat{Y} = 102,90 + 0,1764^{**} * N - 0,0009961^{*} * N^2 - 0,02188 * Mo \quad R^2 = 0,50$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 19 - Altura de planta em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

7,6 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 . De acordo com alguns autores (MARSCHNER, 1986; NATR, 1992), o N afeta a formação de órgãos para a absorção de nutrientes e fotossíntese, produção, acumulação e translocação de assimilados, entre outros. Portanto, é de se esperar que haja maior crescimento das plantas com o emprego desse macronutriente. Com 120 g/ha de Mo, na ausência da aplicação de N, obteve-se altura de planta de 100,27 cm, uma redução de 2,56 % em relação ao estimado com N_0Mo_0 , não se sabendo explicar este resultado.

Com relação à aplicação do Mo nas sementes, não se conseguiu ajustar esses dados a um modelo que explicasse esse comportamento. A média de altura de planta foi de 104 cm (Quadro 4).

Com o tratamento $N_{40} Mo_{80}$, observou-se uma altura de planta 11,16 % inferior com a aplicação do Mo nas sementes, em comparação à pulverização foliar ($P < 0,01$) (Quadro 11), podendo estar relacionado com o declínio do “stand” provocado pelo micronutriente aplicado nas sementes (Figura 30), como

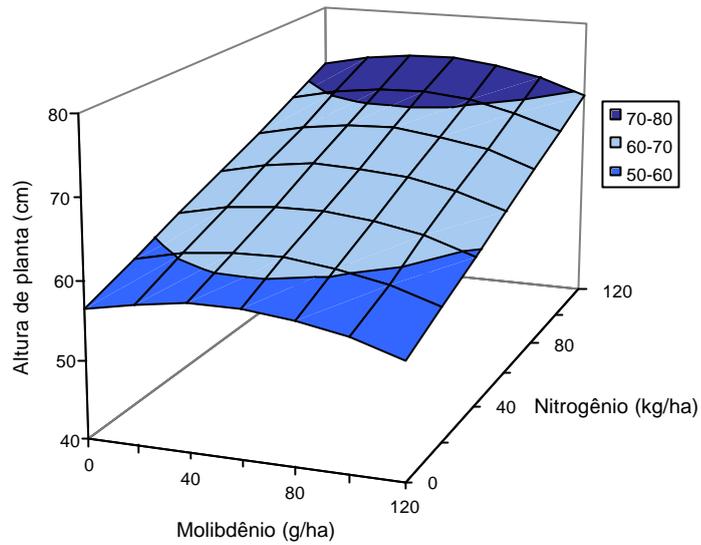
será visto em 4.7.2.1. Em condições de menor densidade, as plantas teriam crescido menos.

4.5.2.2. Coimbra

A associação de 120 kg/ha de N + 51,5 g/ha de Mo por via foliar produziu uma altura máxima de planta de 73,64 cm, representando acréscimos de 25,6 %, 3,4 % e de 30,8 %, em relação a $N_0Mo_{51,5}$, $N_{120}Mo_0$ e N_0Mo_0 , respectivamente (Figura 20). A aplicação de $N_{120}Mo_0$ permitiu uma estimativa de altura de planta de 71,24 cm, um incremento de 26,5 % em relação à N_0Mo_0 . Os acréscimos obtidos com o Mo foram bem menores. O uso de $N_0Mo_{51,5}$ determinou um máximo de 58,62 cm, um aumento de apenas 4,0 % em relação à N_0Mo_0 . Entretanto, doses acima de 51,5 g/ha de Mo provocaram decréscimos na altura de planta, obtendo-se uma estimativa de 54,54 cm com o tratamento N_0Mo_{120} .

Com os tratamentos adicionais, a associação de 36,0 kg/ha de N + 84,6 g/ha de Mo nas sementes determinaria uma altura de planta de 63,41 cm (Figura 21). Com essas doses, suprimindo-se o N ou o Mo, a altura foi a mesma, ou seja, 63,41 cm. Entretanto, em relação ao tratamento N_0Mo_0 , o acréscimo na altura de planta foi de 27,7 %. Com $N_{40}Mo_{80}$ obtiveram-se 63,50 cm, com N_0Mo_{80} , 62,67 cm e, com $N_{40}Mo_0$, 65,00 cm, mostrando que a aplicação isolada de 40 kg/ha de N foi a que proporcionou o melhor resultado (acrécimo de 30,78 %).

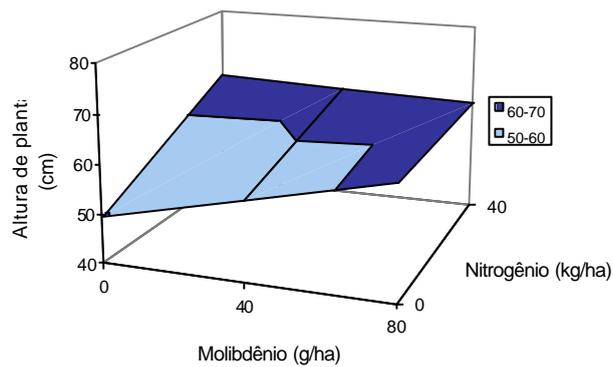
Comparando as formas de aplicação do Mo, observou-se que na ausência da aplicação de N, a altura de planta foi 6,91 % superior com a aplicação do Mo nas sementes (dose 57 % maior) em relação ao seu emprego por via foliar (80 g/ha de Mo = 62,67 cm e 51 g/ha de Mo = 58,62 cm, respectivamente). Com a dose de 40 kg/ha de N, a altura foi 2,15 % superior com a ausência de Mo nas sementes, quando comparada à aplicação foliar (0 g/ha de Mo = 65 cm e 51 g/ha de Mo = 63,63 cm, respectivamente) (Figura 22).



$$\hat{Y} = 56,32 + 0,1252 * N + 0,08945 Mo - 0,0008691 * Mo^2 \quad R^2 = 0,77$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

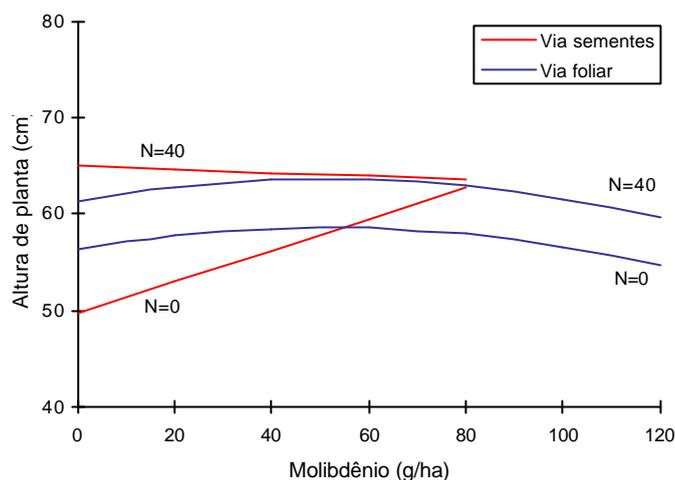
Figura 20 - Altura de planta em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.



$$\hat{Y} = 49,67 + 0,3833 * N + 0,1625 * Mo - 0,004531 * N Mo \quad R^2 = 0,83$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 21 - Altura de planta em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.



Via sementes: $\hat{Y} = 49,67 + 0,3833 \cdot N + 0,1625 \cdot Mo - 0,004531 \cdot N \cdot Mo$ $R^2 = 0,83$

Via foliar: $\hat{Y} = 56,32 + 0,1252 \cdot N + 0,08945 \cdot Mo - 0,0008691 \cdot Mo^2$ $R^2 = 0,77$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 22 - Cortes nas superfícies de resposta da altura de planta, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

4.6. Altura da primeira vagem

4.6.1. Ano agrícola de 1995/96

Com a análise dos dados de altura da primeira vagem dos tratamentos do fatorial, obtiveram-se efeitos significativos de N e de Mo apenas em Coimbra (Quadro 9).

Quanto aos tratamentos adicionais, observou-se efeito de Mo, apenas em Viçosa (Quadro 9).

4.6.1.1. Viçosa

A altura média da primeira vagem, obtida com as aplicações de N em cobertura e de Mo por via foliar, foi de 9,31 cm (Quadro 2). De acordo com

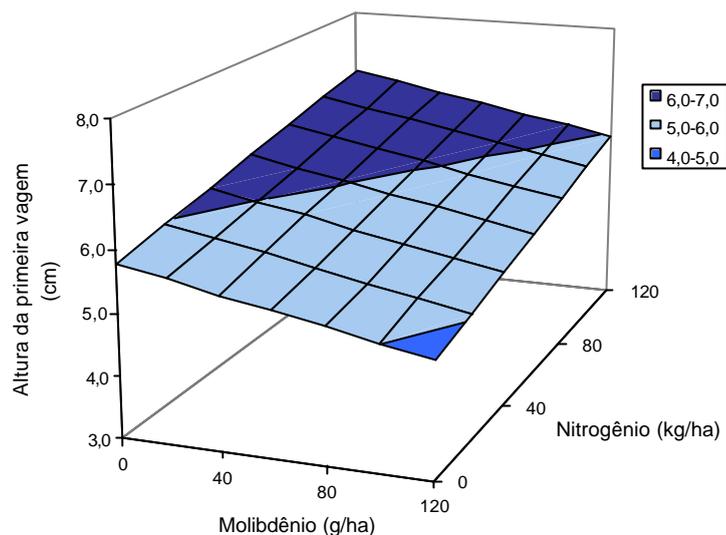
SEDIYAMA et al. (1972), os fatores ambientais ou de práticas culturais que afetam a altura da planta também podem influenciar consideravelmente a altura da inserção da primeira vagem. Contudo, no presente experimento não se observou elevação da altura de planta (Quadro 2).

A altura média da primeira vagem, obtida com as aplicações de N em cobertura e de Mo nas sementes, foi de 9,58 cm (Quadro 2). SEDIYAMA et al. (1989) afirmam que a variedade escolhida para cultivo numa determinada localidade deve apresentar uma altura de inserção da primeira vagem de, pelo menos, 10 a 12 cm. Prosseguem comentando que, para a maioria das condições das lavouras de soja, a altura mais satisfatória está em torno de 15 cm, embora, com o uso de colhedoras mais aperfeiçoadas, possa efetuar-se uma boa colheita com plantas apresentando inserção de vagens próxima a 10 cm. Portanto, neste experimento, somente com 80 g/ha de Mo as plantas exibiram altura da primeira vagem conveniente para a colheita mecanizada (Quadro 2).

4.6.1.2. Coimbra

A altura da primeira vagem aumentou com as doses de N e diminuiu com a aplicação de Mo por via foliar (Figura 23). Quando se empregou a dose de 120 kg/ha de N, na ausência da aplicação do Mo, essa altura foi de 6,90 cm, um acréscimo de 19,4 % em relação à estimada com o tratamento N_0Mo_0 . A redução da altura da primeira vagem com as doses de Mo é um fenômeno de difícil explicação, uma vez que esse micronutriente elevou a altura de planta (Figura 17). Segundo SEDIYAMA et al. (1972), somente quando a altura de planta é reduzida ocorre a tendência de se verificar desenvolvimento das vagens muito próximas do solo. Esse efeito depressivo do Mo na altura da primeira vagem pode estar ligado a redução no “stand” provocada pelo micronutriente (Figura 27), como será visto em 4.7.1.2. Com uma menor densidade de plantas, haveria maior tendência de desenvolvimento das vagens mais próximas do solo, uma vez que as plantas tenderiam

a



$$\hat{Y} = 5,78 + 0,009313 * N - 0,007750 * Mo \quad R^2 = 0,49$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 23 - Altura da primeira vagem em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

crescer menos. Com o tratamento testemunha ($N_0 Mo_0$), as vagens apresentaram inserção bastante baixa (5,78 cm), mas a altura de planta também foi menor (Figura 17).

Com a aplicação do Mo nas sementes, observou-se apenas uma tendência de redução da altura da primeira vagem, aproximando-se do comportamento da altura de planta que foi reduzida pelas doses de Mo (Quadro 3 e Figura 18). Isso teria influenciado negativamente a altura média da primeira vagem que foi de 5,59 cm.

4.6.2. Ano agrícola de 1996/97

Constataram-se efeitos significativos de N e de Mo, nos tratamentos do fatorial principal, apenas em Coimbra (Quadro 10).

Nos tratamentos adicionais (fatorial secundário), observou-se efeito significativo de Mo também apenas em Coimbra (Quadro 10).

4.6.2.1. Viçosa

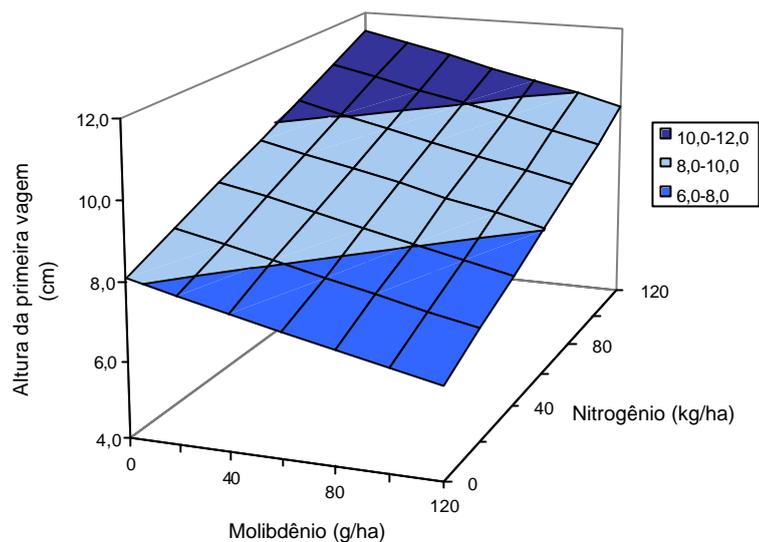
Não houve diferenças significativas entre os tratamentos do fatorial (N em cobertura e Mo por via foliar). A média de altura da primeira vagem foi de 8,07 cm (Quadro 4). A forte chuva que ocorreu imediatamente após a aplicação do Mo nas folhas pode ter influenciado os resultados.

Com a aplicação do N em cobertura e do Mo nas sementes (adicionais), a média foi de 7,90 cm (Quadro 4). Aqui também pode ter havido influência da chuva.

4.6.2.2. Coimbra

A exemplo do que foi observado no ano agrícola de 1995/96, a altura da primeira vagem também aumentou com as doses de N e diminuiu com a aplicação do Mo por via foliar (Figura 24). Com 120 kg/ha de N, na ausência da aplicação de Mo, atingiu-se 11,45 cm, representando um incremento de 41,5 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 . As doses de N elevaram também a altura de planta (Figura 20). Por sua vez, o Mo reduziu tanto a altura de planta como a altura da primeira vagem, correlação que está de acordo com o que relatam SEDIYAMA et al. (1972).

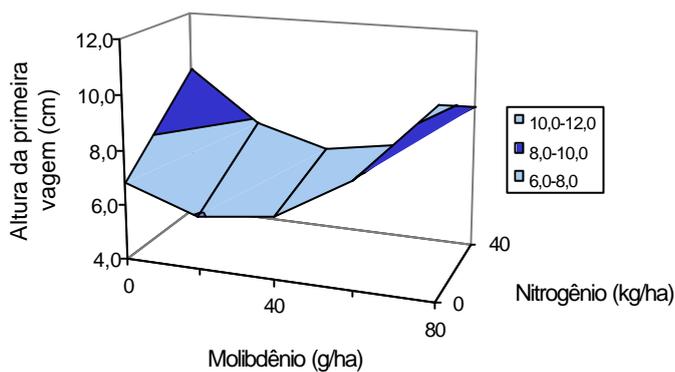
Quanto aos tratamentos adicionais, quando se empregaram 40 kg/ha de N, na ausência da aplicação de Mo nas sementes, estimou-se uma altura da primeira vagem de 9,78 cm, um acréscimo de 43,4 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 (Figura 25). Com a aplicação de 24 g/ha de Mo nas sementes, na ausência da aplicação de N, obteve-se um mínimo de 5,93 cm. Entretanto, acima dessa dose, o micronutriente influenciou positivamente esta característica, sendo que 80 g/ha de Mo, na ausência da aplicação de N, promoveu uma altura da primeira vagem da ordem de 10,65 cm, um incremento de 56,2 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 . Como o micronutriente elevou linearmente a altura de planta (Figura 21) e não afetou o "stand" final (Quadro 5), não se sabe porque a altura da primeira vagem foi reduzida com a dose de 24 g/ha de Mo. Com $N_{40}Mo_{80}$, esta altura foi de 9,26 cm.



$$\hat{Y} = 8,09 + 0,02800 * N - 0,01475 ** Mo \quad R^2 = 0,67$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 24 - Altura da primeira vagem em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

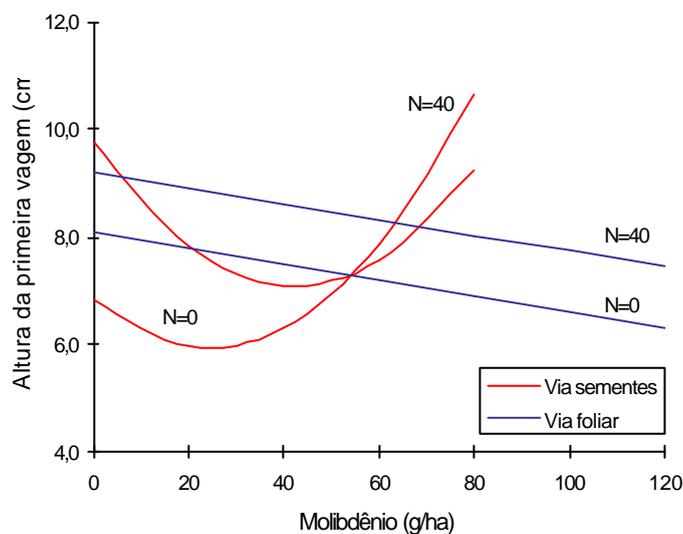


$$\hat{Y} = 6,82 + 0,07396 * N - 0,07344 Mo + 0,001516 ** Mo^2 - 0,001359 * N Mo \quad R^2 = 0,97$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 25 - Altura da primeira vagem em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

Comparando as formas de aplicação do Mo, observou-se que na ausência da aplicação de N, a altura da primeira vagem se elevou com a aplicação do Mo nas sementes e diminuiu com o seu emprego por via foliar. Com a utilização de 80 g/ha de Mo nas sementes, essa altura estimada foi de 10,65 cm e, suprimindo-se também o Mo nas folhas, a altura foi de 8,09 cm, representando uma diferença de 31,64 %. Na dose de 40 kg/ha de N, as maiores alturas da primeira vagem foram atingidas com a ausência de Mo, tanto nos tratamentos por via das sementes como por via foliar (0,0 g/ha de Mo = 9,78 cm e 0,0 g/ha de Mo = 9,21 cm, respectivamente) (Figura 26). Portanto, se não se aplicar o N em cobertura deve-se utilizar 80 g/ha de Mo nas sementes e, com a dose de 40 kg/ha de N, não se deve aplicar o Mo, isto visando à obtenção de maior altura da primeira vagem para possibilitar colheita mecanizada. Devido à complexidade desses resultados, não foi possível explicá-los.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 6,82 + 0,07396 * N - 0,07344 Mo + 0,001516 ** Mo^2 - 0,001359 * N Mo \quad R^2 = 0,97$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 8,09 + 0,02800 ** N - 0,01475 ** Mo \quad R^2 = 0,67$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 26 - Cortes nas superfícies de resposta da altura da primeira vagem, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

4.7. “Stand” Final

4.7.1. Ano agrícola de 1995/96

A análise de variância conjunta dos dados de “stand” final dos tratamentos do fatorial mostrou efeito significativo apenas do Mo, mas somente em Coimbra (Quadro 9).

Com relação aos tratamentos adicionais, houve efeito significativo de Mo também apenas em Coimbra (Quadro 9).

4.7.1.1. Viçosa

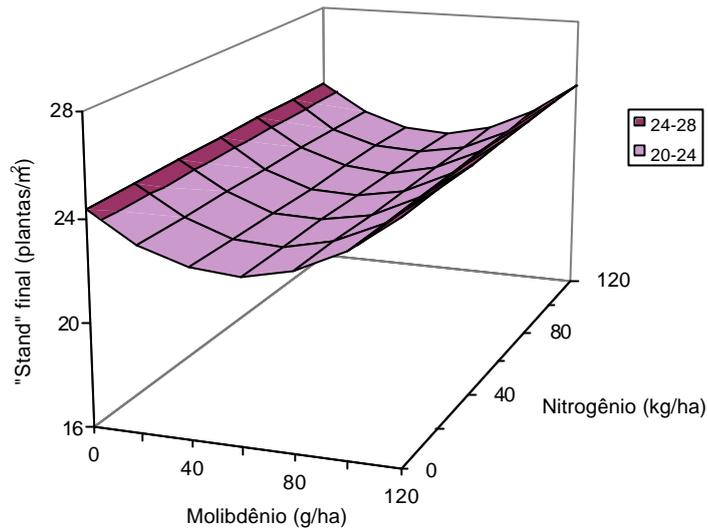
O “stand” final médio obtido com os tratamentos do fatorial foi de 24,85 plantas/m² (Quadro 2).

Com a aplicação do Mo nas sementes, obteve-se uma média de 24,55 plantas/m² (Quadro 2).

4.7.1.2. Coimbra

A aplicação foliar de 55 g/ha de Mo, independentemente da aplicação de N, determinou um “stand” final mínimo de 22,44 plantas/m², uma redução de 7,9 % em relação ao tratamento testemunha (N₀ Mo₀) (Figura 27). Entretanto, o “stand” aumentou com as doses acima de 55 g/ha de Mo, sendo que a dose de 120 g/ha promoveu um “stand” final de 25,16 plantas/m², representando um acréscimo de 3,3 % em relação à testemunha. Como a altura de planta aumentou com as doses de Mo (Figura 17), é possível que as plantas mais vigorosas tenham aproveitado melhor o micronutriente, vencendo a competição com as mais frágeis, eliminando-as, o que pode ter se refletido na redução do “stand” final. Com as doses maiores de Mo, a competição pode ter deixado de existir.

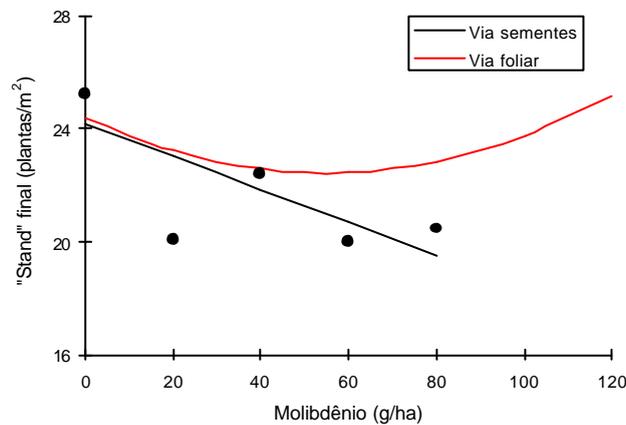
A aplicação de Mo nas sementes determinou uma redução no “stand” final (Figura 28), sendo que 80 g/ha de Mo conferiu 19,50 plantas/m², um



$$\hat{Y} = 24,36 - 0,07028^{**} Mo + 0,0006413^{**} Mo^2 \quad R^2 = 0,99$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 27 - "Stand" final em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 24,19 - 0,05855 * Mo \quad R^2 = 0,46$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 24,36 - 0,07028^{**} Mo + 0,0006413^{**} Mo^2 \quad R^2 = 0,99$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 28 - "Stand" final em função de doses de Mo via sementes e via foliar, com 40 kg/ha de N em cobertura, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

decréscimo de 19,4 % em relação à testemunha ($N_{40} Mo_0$). Por ocasião do desbaste realizado no experimento, notou-se uma inferioridade no “stand” inicial dos tratamentos adicionais em relação ao tratamento $N_{40}Mo_0$, o que levou à não-eliminação de plantas dessas parcelas. Como a distribuição do Mo na superfície das sementes foi realizada com a utilização da mesma solução de sacarose empregada na inoculação, os tratamentos adicionais receberam maior quantidade do açúcar, o que pode ter levado à uma maior atividade de microrganismos, comprometendo parcialmente o vigor das sementes. Com isso, as doses de Mo em contato com as sementes infectadas teriam potencializado os danos, devido toxidez, reduzindo a germinação delas. SANTOS e ESTEFANEL (1986) verificaram que a peletização de sementes de soja com Mo, calcário e superfosfato triplo causou redução na população de plantas, o mesmo não tendo sido observado quando o Mo foi aplicado nas sementes diluído em água, porém a dose utilizada pelos autores foi de apenas 9 g/ha de Mo.

Comparando as formas de aplicação do Mo, com a dose de 40 kg/ha de N, observou-se que a aplicação do Mo nas sementes reduziu o “stand” final, mas a pulverização nas folhas o aumentou. Com a supressão do Mo nas sementes, obteve-se um “stand” final de 24,19 plantas/m² e com a dose de 120 g/ha de Mo por via foliar o “stand” foi de 25,16 plantas/m², uma diferença de 3,87 % (Figura 28).

4.7.2. Ano agrícola de 1996/97

A análise de variância conjunta dos dados de “stand” final, obtidos com os tratamentos do fatorial principal, revelou apenas efeito significativo de N em Viçosa (Quadro 10).

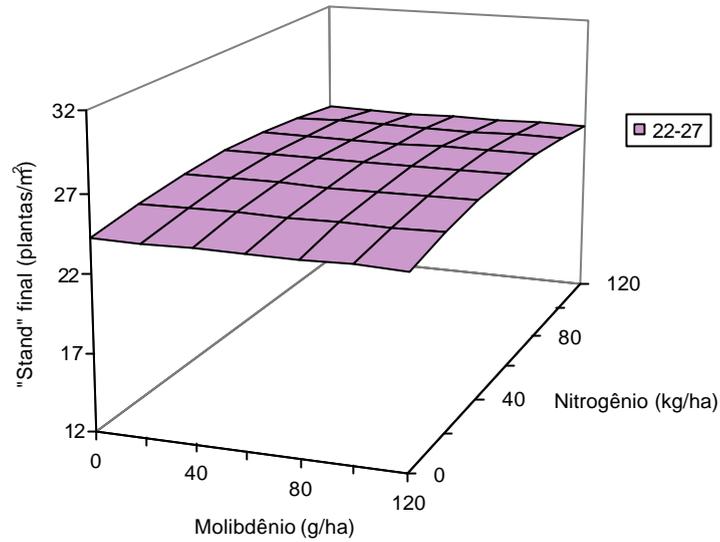
Com os tratamentos adicionais, obtiveram-se efeitos significativos de Mo e da interação N x Mo, também somente em Viçosa (Quadro 10).

4.7.2.1. Viçosa

Com 57 kg/ha de N, independentemente da aplicação foliar de Mo, obteve-se um “stand” final máximo de 25,12 plantas/m², um incremento de apenas 3,5 % em relação à testemunha (N₀ Mo₀) (Figura 29). Entretanto, acima de 57 kg/ha de N, observou-se um declínio, e a dose de 120 kg/ha de N conferiu um “stand” final de 24,11 plantas/m², praticamente igual ao obtido com o tratamento-testemunha. Trabalhando com a cultura do feijão, URBEN FILHO et al. (1980) constataram que as maiores doses de N podem influenciar negativamente o “stand” final. O não-efeito do Mo, aplicado por via foliar, sobre o “stand” final pode estar ligado à redução da altura de planta com as doses do micronutriente (Figura 19), eliminando ou reduzindo o efeito de competição entre as plantas.

Quanto aos tratamentos adicionais (Figura 30), Com 40 kg/ha de N e ausência da aplicação de Mo nas sementes, obteve-se um “stand” final de 27,11 plantas/m², um aumento de 19,5 % em relação à testemunha (N₀Mo₀). O Mo deprimiu o “stand”, produzindo, com 39 g/ha, um mínimo de 16,92 plantas/m², uma redução de 25,4 % em relação à testemunha. Contudo, houve aumento com quantidades acima de 39 g/ha de Mo, e a dose de 80 g/ha de Mo determinou um “stand” final de 23,18 plantas/m², uma elevação de 2,2 % em relação à testemunha. Ressalta-se que o efeito depressivo do Mo aplicado nas sementes se fez notar já na fase de emergência das plântulas, o que dispensou o desbaste nas parcelas dos tratamentos adicionais que já exibiam densidades menores do que 15 plantas por metro de sulco.

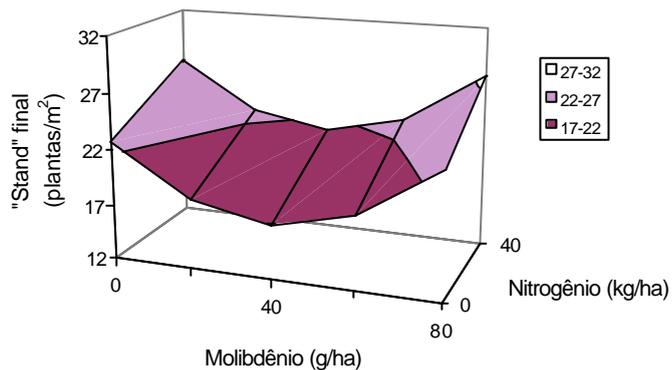
A aplicação do Mo nas sementes ocasionou “stand” final menor do que o obtido com a aplicação foliar do micronutriente ($P < 0,01$) (Quadro 11). Com o tratamento N₀ Mo₄₀, esta inferioridade foi de 35,26 %, com o tratamento N₀ Mo₈₀, de 22,65 % e com o tratamento N₄₀ Mo₈₀, de 18,27 %. Com a análise de regressão, notou-se que o Mo pulverizado nas folhas não afetou o “stand” final (Figura 29). Por outro lado, sua aplicação nas sementes provocou ponto de mínimo com a dose de 39 g/ha de Mo (Figura 30), provavelmente devido a efeito tóxico do micronutriente, empregado nessa dose, na emergência das plântulas, o que explicaria a inferioridade do “stand” nos tratamentos



$$\hat{Y} = 24,28 + 0,02942 * N - 0,0002572 * N^2 \quad R^2 = 0,84$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 29 - "Stand" final em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.



$$\hat{Y} = 22,68 + 0,1106 * N - 0,2943 * Mo + 0,003757 * Mo^2 \quad R^2 = 0,90$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 30 - "Stand" final em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

adicionais. Com o tratamento $N_0 Mo_{80}$, essa diferença percentual entre as formas de aplicação do Mo diminuiu, o que está de acordo com o estimado pela regressão (Figura 30), porém esperava-se que a dose de 80 g/ha de Mo nas sementes fosse mais tóxica ainda e o modelo de equação ajustado, inexplicavelmente, levou à resposta observada. Com o tratamento $N_{40}Mo_{80}$ e Mo aplicado nas sementes, o N teria contribuído mais para o aumento do “stand” final do que o N do tratamento $N_{40} Mo_{80}$ com Mo em aplicação foliar, reduzindo, ainda mais, a diferença entre as formas de aplicação do micronutriente (Figuras 29 e 30).

4.7.2.2. Coimbra

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos do fatorial (N em cobertura e Mo por via foliar), em relação ao “stand” final. A média desta característica foi de 26,39 plantas/m² (Quadro 5). Deve-se salientar que neste experimento utilizou-se maior quantidade de sementes no plantio, o que possibilitou um desbaste mais rigoroso, melhorando a uniformidade das plantas em relação ao vigor delas. Mesmo tendo havido um incremento de até 30,8 % na altura de planta com a associação de doses de N e Mo (Figura 20), isso não se refletiu em redução no “stand” final devido à competição entre plantas.

Também não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos com o Mo aplicado nas sementes. O “stand” final médio foi de 27,04 plantas/m² (Quadro 5).

4.8. Produtividade de grãos

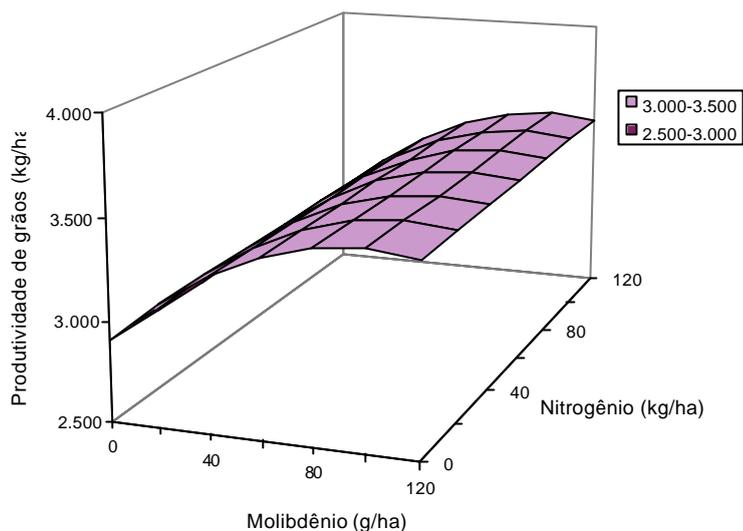
4.8.1. Ano agrícola de 1995/96

A análise de variância conjunta dos dados de produtividade de grãos, obtidos com os tratamentos do fatorial, revelou efeito significativo de Mo em Viçosa e Coimbra (Quadro 6).

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos adicionais em relação à produtividade, nos dois locais (Quadro 7).

4.8.1.1. Viçosa

Com a aplicação foliar de 100 g/ha de Mo, independentemente da aplicação de N, obteve-se uma produtividade máxima de 3.478 kg/ha (Figura 31), um incremento de 19,7 % em relação à ausência de Mo. Adotando a fertilização molíbdica por via foliar, alguns pesquisadores também obtiveram aumentos da produtividade do feijoeiro (JACOB-NETO e FRANCO, 1986; VIEIRA et al., 1992; BERGER, 1995; ANDRADE et al., 1996; AMANE, 1997; ASSMANN et al., 1997) e da soja (SANTOS et al., 1985; CERVI, 1986; JACOB-NETO e FRANCO, 1995; SFREDO et al., 1995; AMORIN et al., 1997). Como a aplicação do Mo não afetou significativamente o índice de NO_3^- nas folhas mas aumentou-lhes o teor de N total e, ainda, elevou o teor de proteína nos grãos (Quadro 2 e Figuras 4 e 38, respectivamente), é provável que ele tenha estimulado a síntese e atividade da nitrogenase, mais do que a da redutase do nitrato, aumentando a produção e transporte de ureídeos para a parte aérea. ALENCAR et al. (1997) constataram que os ureídeos são rápida e facilmente transportados para as vagens por via xilemática no período de enchimento de grãos, os quais são degradados, para a nutrição nitrogenada do embrião. Dessa forma, o aumento da proporção de ureídeos como solutos nitrogenados no xilema leva a uma distribuição mais eficiente desses compostos para a parte aérea e principalmente para as vagens. Apesar de ter sido observada uma elevação no teor de N total nas folhas com as aplicações de doses de N (Figura 4), isso não se refletiu em aumento de produtividade (Figura 31). Segundo ROSSUM et al. (1993), quando o N é fornecido às leguminosas na forma de nitrato, a transferência para os grãos é ineficiente. Tem sido observado que, mesmo usando-se o sulfato de amônio como fonte de N, dependendo das condições do solo propiciadas pelo pH alto e boa aeração causada pelo seu preparo, a maior parte do amônio aplicado pode ser convertida a nitrato. Por ocasião do florescimento, constatou-se uma grande



$$\hat{Y} = 2.905,44 + 11,4398 * Mo - 0,05717 * Mo^2 \quad R^2 = 0,96$$

* e ** Significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 31 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.

nodulação em todos os tratamentos, com um elevado número de nódulos de coloração rósea, característica de nódulos eficientes, o que explicaria o não-efeito das doses de N sobre esta característica.

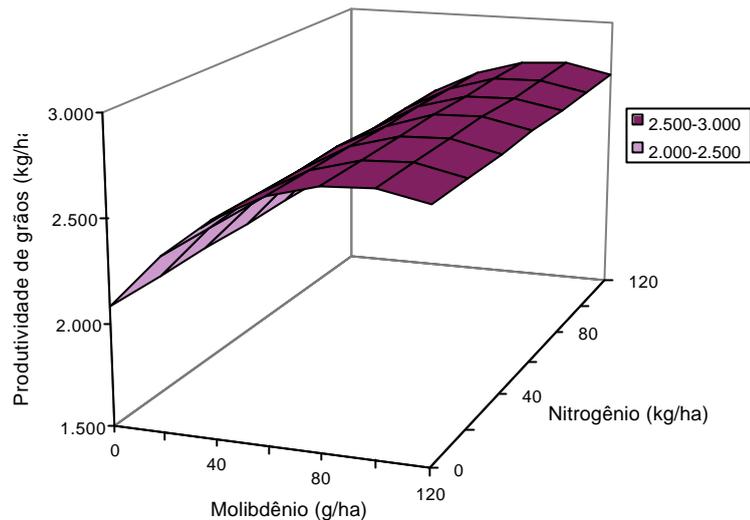
A aplicação do Mo nas sementes reduziu o índice de NO_3^- e elevou o teor de N total nas folhas (Figuras 13 e 5, respectivamente), contudo, não influenciou significativamente a produtividade, tendo mostrado apenas uma tendência em aumentá-la (Quadro 2). A produtividade média obtida foi de 3.337 kg/ha. Os fatores de maior relevância que afetam a disponibilidade de Mo no solo são: teor de argila, principalmente óxidos de ferro e de alumínio, matéria orgânica, pH e interação com outros nutrientes. Provavelmente, a falta de efeito do Mo aplicado nas sementes sobre a produtividade se deve às reações de adsorção deste elemento aos colóides do solo e, ou, às interações com outros nutrientes. Sabe-se que existe inibição competitiva entre o enxofre (S) e o molibdênio. Como o superfosfato simples possui uma considerável concentração em S (10 a 12 %) e

sua distribuição foi realizada dentro do sulco de plantio, o contato das sementes tratadas com Mo com o macronutriente foi inevitável. Ademais, o sulfato de amônio aplicado em cobertura também possui S em sua composição (22 a 24 %), o que pode, após a sua infiltração no solo, ter potencializado esta interação, com a conseqüente diminuição na absorção de Mo pela planta. Por outro lado, de acordo com PARFITT (1978), a aplicação de HPO_4^{2-} desloca o MoO_4^{2-} dos sítios de adsorção, podendo tanto propiciar condições favoráveis para sua maior absorção como também promover perdas por lixiviação. Testando cinco doses de Mo em aplicações nas sementes de soja, BELLINTANI NETO e LAM-SANCHES (1974) também não obtiveram efeito sobre a produtividade de grãos. Ausência de resposta ao Mo aplicado nas sementes foi ainda verificada por ABRÃO (1976), quando utilizou 20 e 40 g/ha de Mo.

4.8.1.2. Coimbra

A produtividade máxima estimada, 2.761 kg/ha, foi obtida com 93 g/ha de Mo em aplicação foliar, independentemente da aplicação de N (Figura 32), representando um incremento de 32,4 % em relação à ausência de Mo. Aqui também o Mo não influenciou significativamente o índice de NO_3^- nas folhas, mas elevou-lhes o teor de N total e aumentou a altura de planta e o teor de proteína nos grãos (Quadro 3 e Figuras 6, 17 e 39), parecendo indicar, a exemplo do que aconteceu em Viçosa, uma maior atividade da nitrogenase, o que pode ter aumentado a produção e transporte de ureídos para a parte aérea, determinando uma eficiente transferência dos compostos nitrogenados para os grãos. Como aqui também se verificou uma grande nodulação em todos os tratamentos, é provável que esta seja a explicação para a ineficiência do N para o rendimento.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos adicionais em relação à produtividade. A média obtida foi de 2.432 kg/ha (Quadro 3). As considerações feitas com relação aos tratamentos adicionais de Viçosa são também válidas aqui.



$$\hat{Y} = 2.085,84 + 14,4720 * Mo - 0,07758 ** Mo^2 \quad R^2 = 0,94$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 32 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

4.8.2. Ano agrícola de 1996/97

A análise de variância conjunta dos dados de produtividade de grãos, obtidos com os tratamentos do fatorial principal, revelou efeito significativo de N, em Viçosa, e de N e Mo, em Coimbra (Quadro 6).

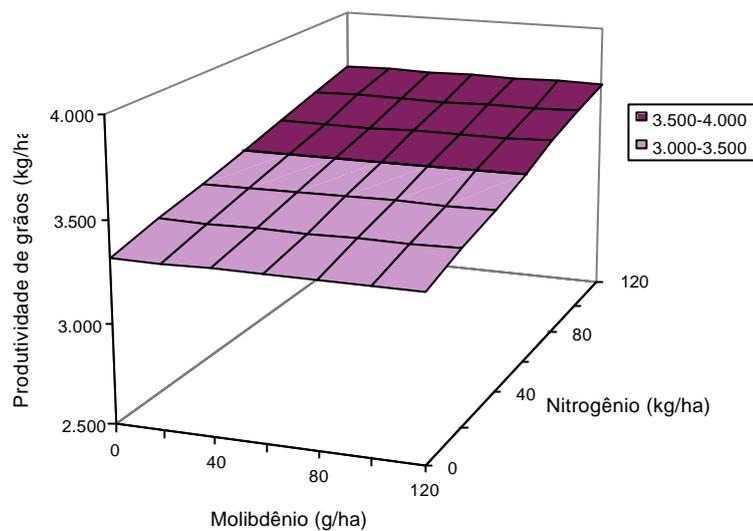
A análise de variância conjunta, dos tratamentos adicionais, mostrou efeito significativo de Mo e da interação N x Mo, em Viçosa, e de N e Mo, em Coimbra (Quadro 8).

4.8.2.1. Viçosa

No intervalo das doses de N estudadas, a produtividade variou linearmente de 3.320 a 3.682 kg/ha de grãos. Assim, a dose de 120 kg/ha de N, em relação à sua não-aplicação, aumentou a produtividade da soja em 10,9 %,

independentemente da aplicação foliar de Mo (Figura 33). Este resultado está de acordo com o obtido por SANTOS et al. (1985), que também observaram resposta linear positiva da produtividade às doses de N. Estimaram, estes autores, que a cada 1,0 kg de N utilizado correspondeu um acréscimo de cerca de 3,0 kg/ha de grãos, o que também ocorreu no presente experimento. Entretanto, esta conversão não é economicamente viável. Resposta à aplicação de N também foi obtida por BEN et al. (1984). Como o Mo não afetou a maioria das características estudadas, é provável que a ausência de resposta da produtividade às doses desse micronutriente se deveu à forte chuva que ocorreu imediatamente após a sua aplicação nas folhas. Segundo CAMARGO (1970), o tempo necessário para absorção de 50 % do total do Mo aplicado à folhagem, varia de 10 a 20 dias. Outra possibilidade é a de que o solo possuía teor adequado do micronutriente para atender às necessidades das plantas. Com isso, a maioria das características não teriam sido afetadas pelas doses de Mo, entretanto o excesso desse micronutriente, provocado pela sua aplicação, teria afetado negativamente algumas características, como a altura de planta e o teor de proteína nos grãos.

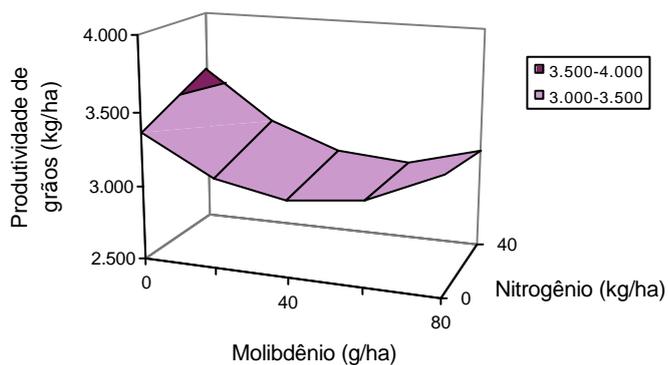
Com a aplicação do Mo nas sementes, constatou-se um efeito depressivo do micronutriente sobre a produtividade (Figura 34). Contudo, o modelo de equação selecionado para expressar esta característica apresentou baixo coeficiente de determinação. Com 54 g/ha de Mo, na ausência da aplicação de N, obteve-se uma produtividade mínima de 3.039 kg/ha, um decréscimo de 9,6 % em relação ao tratamento N_0Mo_0 . Provavelmente, o aumento da disponibilidade do íon molibdato no solo – que teria sido deslocado do complexo sortivo do solo pelo fosfato (ROBSON e PITMAN, 1983) e que foi fornecido no sulco de plantio com a adubação básica (mais de 600 kg/ha de superfosfato simples) – pode explicar, pelo menos em parte, o efeito negativo das doses de Mo sobre a produtividade. SAIRAM et al. (1995) comentam que, sob condições de excessivo Mo, mais do que um átomo deste elemento pode-se ligar à enzima redutase do nitrato, tornando-a biologicamente inativa, como enzima funcional. Tal fato resulta em diminuição na assimilação do nitrato e redução do N, levando a uma redução da



$$\hat{Y} = 3.320,09 + 3,0130 * *N \quad R^2 = 0,86$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 33 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.



$$\hat{Y} = 3.361,62 + 6,0066N - 16,4880 * Mo + 0,1941 * Mo^2 - 0,1104 * NMo \quad R^2 = 0,42$$

* Significativo em nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 34 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

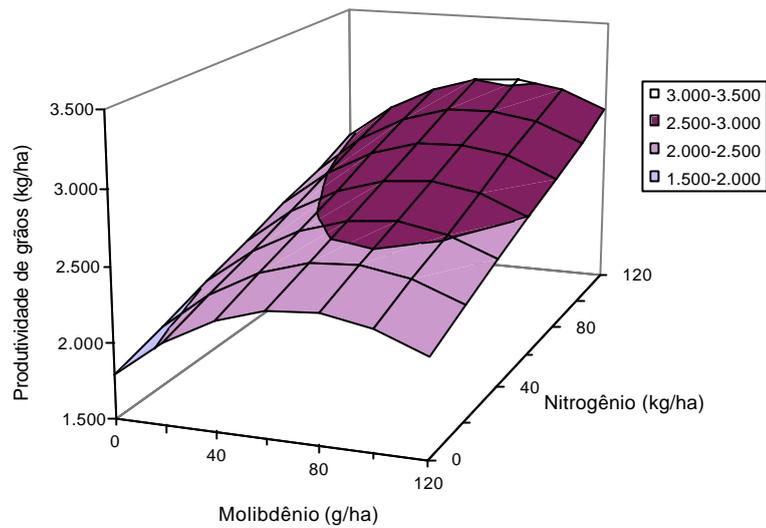
produtividade. Queda da produtividade com a aplicação de doses de Mo nas sementes também foi observada em feijão por SANTOS et al. (1979) e em soja por ABRÃO (1976).

O tratamento N₀ Mo₄₀ exibiu uma produtividade 14,55 % inferior com a aplicação do Mo nas sementes quando comparado ao uso por via foliar (P < 0,05) (Quadro 11), provavelmente devido a efeito tóxico do Mo. O micronutriente, que seria mais eficiente quando aplicado nas sementes nesta dose, teria tido sua disponibilidade aumentada no solo (deslocado do complexo sortivo do solo pelo fosfato aplicado no sulco de plantio), provocando excesso, com conseqüente redução na produtividade.

4.8.2.2. Coimbra

A associação de 120 kg/ha de N com 76 g/ha de Mo por via foliar determinou a produtividade máxima de 3.026 kg/ha (Figura 35), representando incrementos de 28,9 %, 22,6 % e 69,0 % em relação a N₀Mo₇₆, N₁₂₀Mo₀ e N₀Mo₀, respectivamente. O efeito favorável de N + Mo via foliar sobre a produtividade foi demonstrado em feijão por VIEIRA et al. (1992), AMANE et al. (1994) e AMANE (1997). Ressalta-se que, por ocasião do florescimento, foi constatada pequena nodulação em todos os tratamentos. Esse solo mostrou ser limitado quanto ao suprimento de N e de Mo à cultura, uma vez que houve grande resposta à fertilização com esses nutrientes. BEN et al. (1984) atribuíram a resposta da soja à aplicação de N à deficiência da fixação simbiótica deste elemento, provavelmente por causa da menor disponibilidade de Mo nas condições de maior acidez no solo.

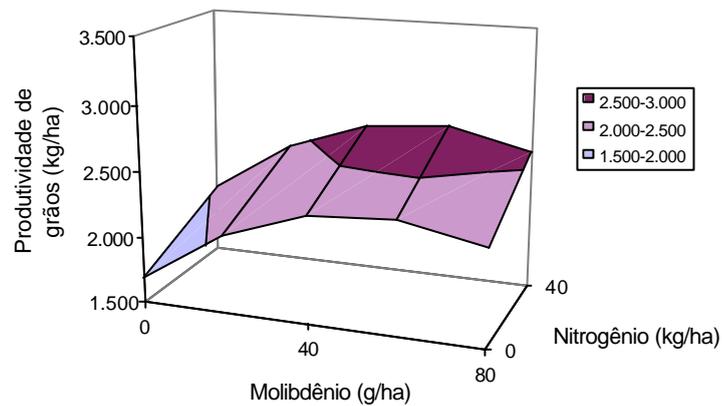
Quando se aplicou o Mo nas sementes, a combinação 40 kg/ha de N + 55 g/ha de Mo proporcionou uma produtividade máxima de 2.713 kg/ha (Figura 36), equivalendo a incrementos de 14,9 %, 33,0 % e 61,0 %, em relação a N₀Mo₅₅, N₄₀Mo₀ e N₀Mo₀, respectivamente. Diversos autores (PARKER e HARRIS, 1962; LAVY e BARBER, 1963; HARRIS et al., 1965; ZAMBOLIM et al., 1975; SANTOS et al., 1980; Santos et al., 1982 e Santos, 1983, 1984, citados por SANTOS, 1991; SANTOS et al., 1983;



$$\hat{Y} = 1.790,25 + 5,6494 * *N + 14,7380 * *Mo - 0,09732 * *Mo^2 \quad R^2 = 0,84$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 35 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.



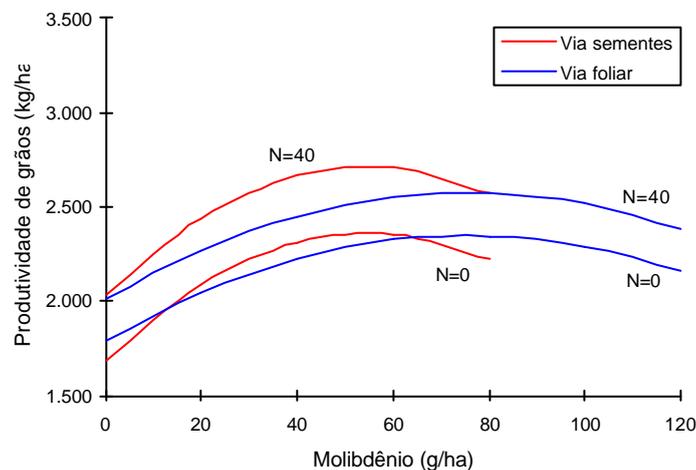
$$\hat{Y} = 1.686,49 + 8,7799 * *N + 24,5762 * *Mo - 0,2237 * *Mo^2 \quad R^2 = 0,98$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 36 - Produtividade de grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

SANTOS et al., 1984; SANTOS e GAUSMANN, 1984; VITTI et al., 1984; SANTOS et al., 1985; LANTMANN et al., 1985; SANTOS e ESTEFANEL, 1986; NOVELINO e NEVES, 1988; LANTMANN et al., 1989; TANAKA, 1993; SFREDO et al., 1995) também obtiveram aumentos de produtividade da soja quando aplicaram o Mo nas sementes.

Comparando as formas de aplicação do Mo constatou-se que, na ausência da aplicação de N, a produtividade foi apenas 0,57 % superior com a aplicação do Mo nas sementes em relação ao seu uso por via foliar (55 g/ha de Mo = 2.361 kg/ha e 76 g/ha de Mo = 2.348 kg/ha, respectivamente). Com a dose de 40 kg/ha de N, esse percentual foi de 5,38 % (55 g/ha de Mo via sementes = 2.713 kg/ha e 76 g/ha de Mo via foliar = 2.574 kg/ha) (Figura 37), mostrando maior eficiência do micronutriente quando aplicado nas sementes, sendo que uma dose 28 % menor proporcionou melhor resultado. Como nesse experimento houve fraca nodulação, acredita-se que o maior efeito do Mo tenha se dado sobre a enzima redutase do nitrato, o que teria levado, em última instância, a aumento do rendimento.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 1.686,49 + 8,7799 * N + 24,5762 * Mo - 0,2237 * Mo^2 \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 1.790,25 + 5,6494 * N + 14,7380 * Mo - 0,09732 * Mo^2 \quad R^2 = 0,84$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 37 - Cortes nas superfícies de resposta da produtividade de grãos, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

4.9. Teor de proteína bruta (PB) nos grãos

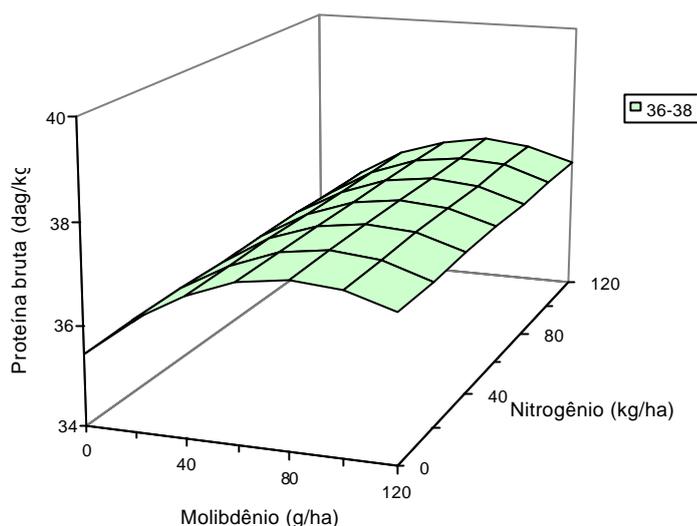
4.9.1. Ano agrícola de 1995/96

No Quadro 6 verifica-se que houve efeito significativo de Mo, em Viçosa, e de N, Mo e N x Mo, em Coimbra (tratamentos do fatorial).

Com relação aos tratamentos adicionais, o Quadro 7 mostra significância do Mo apenas em Coimbra.

4.9.1.1. Viçosa

A aplicação foliar de 82,5 g/ha de Mo, independentemente da aplicação de N, proporcionou o máximo teor de PB nos grãos de 37,3 dag/kg (Figura 38), um incremento de 5,2 % em relação à ausência de Mo. Quanto ao N, alguns autores (Allos e Bartholomeu, 1959; Bergersen, 1959 e Franco et al., 1978, citados por VARGAS et al., 1982) sugerem que as plantas jovens de soja necessitam de uma certa quantidade de N mineral até o início da fixação de N₂, que, segundo HARDY et al. (1971), ocorre entre três e cinco semanas após emergência. Como no presente experimento não houve resposta do teor de PB nos grãos às doses de N, provavelmente este nutriente se encontrava em disponibilidade adequado no solo para estimular o crescimento inicial das plantas e formação dos nódulos. Como foi observada uma intensa nodulação, por ocasião do florescimento, acredita-se que o Mo tenha sido utilizado principalmente na síntese da nitrogenase, determinando uma maior contribuição do N fixado simbioticamente para o acúmulo de PB nos grãos. VARGAS et al. (1982) observaram que não há efeito dos níveis de N, aplicados quatro dias após a emergência, no teor de N total dos grãos. Citam ainda que esse resultado concorda com os obtidos por Franco et al., 1978; Hathcock, 1975 e Sij et al., 1979. Entretanto, HANWAY e WEBER (1971) concluíram que somente 25 % do N das sementes é proveniente da fixação simbiótica.



$$\hat{Y} = 35,45 + 0,04495^{**} \text{Mo} - 0,0002725^{**} \text{Mo}^2 \quad R^2 = 0,95$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 38 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1995/96.

Como não houve diferenças significativas entre os tratamentos com aplicação de Mo nas sementes (adicionais), o teor médio de PB nos grãos foi de 35,8 dag/kg (Quadro 2). Este resultado não concorda com o observado por PARKER e HARRIS (1962), que obtiveram aumento desse teor quando aplicaram Mo nas sementes.

O teor de PB nos grãos mostrou-se 5,30 % inferior no tratamento $N_{120}Mo_{80}$ com o Mo aplicado nas sementes em relação à sua pulverização nas folhas ($P < 0,05$) (Quadro 11).

4.9.1.2. Coimbra

A associação de 120 kg/ha de N com 89 g/ha de Mo por via foliar promoveu um máximo teor de PB nos grãos de 38,3 dag/kg (Figura 39). Essa combinação promoveu acréscimos de 3,5 %, 12,8 % e de 17,3 %, em relação a N_0Mo_{89} , $N_{120}Mo_0$ e N_0Mo_0 , respectivamente. Como houve maior resposta ao Mo

do que ao N, acredita-se que tenha prevalecido a aquisição do N pela planta pela fixação simbiótica, em detrimento de sua absorção do solo pelas raízes. Assim, o micronutriente pode ter sido utilizado principalmente na síntese da enzima nitrogenase. O tratamento N₁₂₀Mo₀ elevou em 4,0 % esta característica, em relação a N₀Mo₀. VARGAS e SUHET (1980) constataram que os tratamentos com N mineral proporcionaram um teor de N total nos grãos superior ao obtido nos tratamentos de inoculação. O uso de N₀ Mo₈₉ aumentou o teor de PB nos grãos em 13,3 %, em comparação à N₀Mo₀, evidenciando a importância desse micronutriente para o metabolismo do N. Como todas as repetições do tratamento N₀Mo₀ exibiram, durante os estádios vegetativos, sintomas de deficiência de N, acredita-se que apenas a inoculação das sementes com o *Bradyrhizobium* não tenha sido suficiente para suprir as plantas deste nutriente.

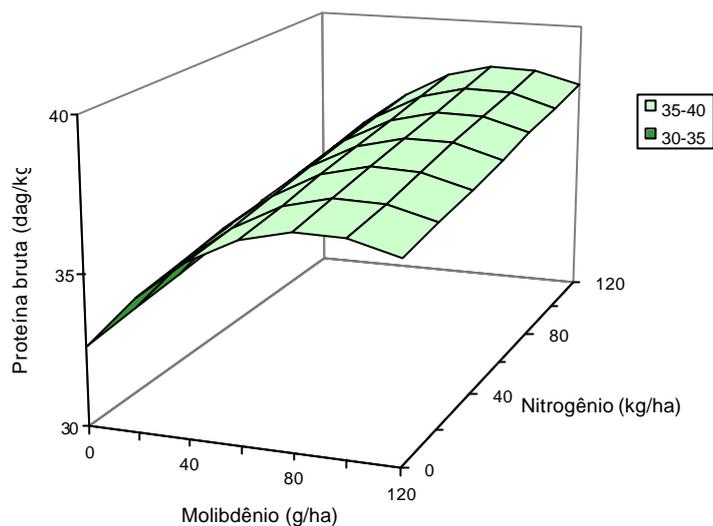
Com a aplicação de 54,7 g/ha de Mo nas sementes obteve-se um máximo teor de PB nos grãos de 37,9 dag/kg (Figura 40), um incremento de 16,0 % em relação à ausência do Mo (N₄₀ Mo₀). LANTMANN et al. (1989) obtiveram acréscimos de até 6,0 % nos teores de PB nos grãos, quando aplicaram 30 g/ha de Mo nas sementes.

Comparando as formas de aplicação do Mo, com a dose de 40 kg/ha de N, observou-se que o teor de PB nos grãos foi 1,12 % maior com a aplicação do Mo nas sementes (dose 38 % menor) do que o seu emprego por via foliar (54,7 g/ha de Mo = 37,9 dag/kg e 89 g/ha de Mo = 37,4 dag/kg, respectivamente) (Figura 40), evidenciando maior eficiência do micronutriente por aquela via de aplicação.

4.9.2. Ano agrícola de 1996/97

Verifica-se, no Quadro 6, que houve efeito significativo de N, Mo e N x Mo, nos dois locais estudados (fatorial principal).

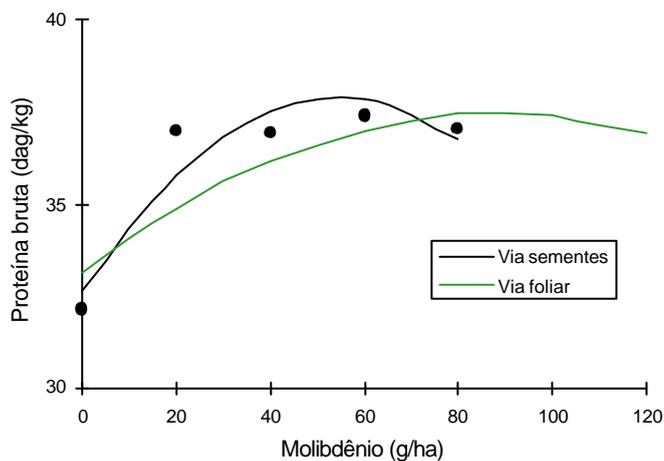
Quanto aos tratamentos adicionais (fatorial secundário), observou-se efeito significativo da interação N x Mo, em Viçosa, e de N e Mo, em Coimbra (Quadro 8).



$$\hat{Y} = 32,67 + 0,01083 * N + 0,09754 * Mo - 0,0005477 * Mo^2 \quad R^2 = 0,77$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 39 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 32,65 + 0,1909 * Mo - 0,001746 * Mo^2 \quad R^2 = 0,88$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 33,11 + 0,09754 * Mo - 0,0005477 * Mo^2 \quad R^2 = 0,77$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

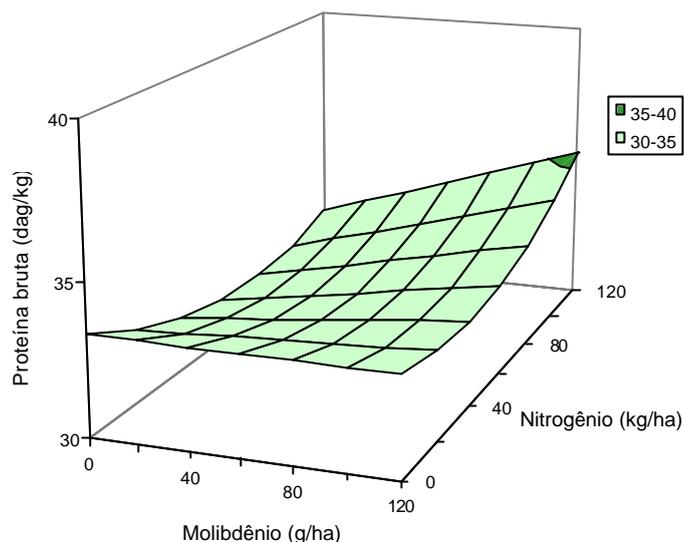
Figura 40 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de Mo via sementes e via foliar, com 40 kg/ha de N, em Coimbra, no ano agrícola de 1995/96.

4.9.2.1. Viçosa

O teor de PB nos grãos foi afetado de forma quadrática pelo N aplicado em cobertura e reduzido de forma linear pelo Mo aplicado por via foliar (Figura 41). Como a produtividade aumentou com as doses de N, é provável que esta tenha sido uma das causas da redução do teor de PB nos grãos com a aplicação deste nutriente, uma vez que existe uma correlação negativa entre teor de proteína e produtividade de grãos. Entretanto, não se sabe porque as doses de Mo reduziram o teor de PB nos grãos, mesmo tendo elevado o teor de N total nas folhas sem, contudo, afetar a produtividade de grãos. Com N_0Mo_{120} o teor de PB foi 33,3 dag/kg, com $N_{120}Mo_0$, 32,2 dag/kg e, com $N_{120}Mo_{120}$, 35,4 dag/kg, sendo esta última a melhor combinação para esta característica, representando um incremento de 6,06 % em relação à N_0Mo_0 .

Com os tratamentos adicionais, a associação de 21 kg/ha de N + 60 g/ha de Mo nas sementes determinou um teor de PB nos grãos de 32,6 dag/kg, um decréscimo de 2,8 % em relação à testemunha (N_0Mo_0) (Figura 42). Esse percentual de redução ocorreu tanto com a associação dessas doses como também com a aplicação isolada delas. Com $N_{40} Mo_{80}$ obteve-se 32,84 dag/kg, com $N_0 Mo_{80}$, 32,26 dag/kg e, com $N_{40} Mo_0$, 31,74 dag/kg. Uma vez que o Mo aumentou o teor de N total nas folhas e diminuiu a produtividade, era de se esperar que o teor de PB nos grãos se elevasse, o que não ocorreu.

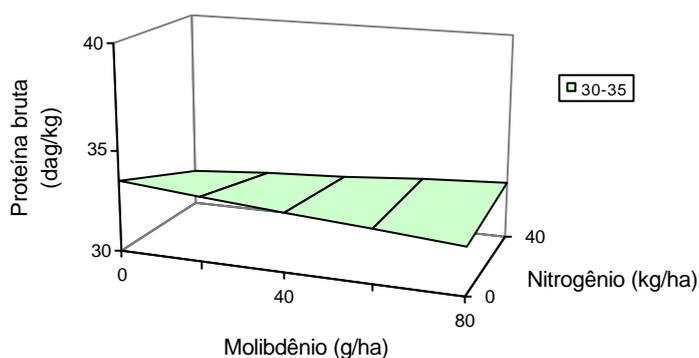
Comparando as formas de aplicação do Mo, notou-se que na ausência da aplicação de N, o micronutriente deprimiu o teor de PB nas duas maneiras de aplicação. Os maiores teores foram obtidos com os tratamentos $N_0 Mo_0$ (33,5 dag/kg nos tratamentos adicionais e 33,3 dag/kg nos tratamentos do fatorial). Na dose de 40 kg/ha de N, os teores de PB nos grãos se equivaleram com as duas formas de aplicação do Mo (80 g/ha de Mo nas sementes = 32,8 dag/kg e 120 g/ha de Mo por via foliar = 32,8 dag/kg) (Figura 43), porém o emprego do micronutriente nas sementes mostrou ser mais eficiente porque uma dose 33 % menor exerceu o mesmo efeito no teor de PB.



$$\hat{Y} = 33,33 - 0,05136 * N + 0,0003495 * N^2 - 0,0005519Mo + 0,0002232 * NMo \quad R^2 = 0,73$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

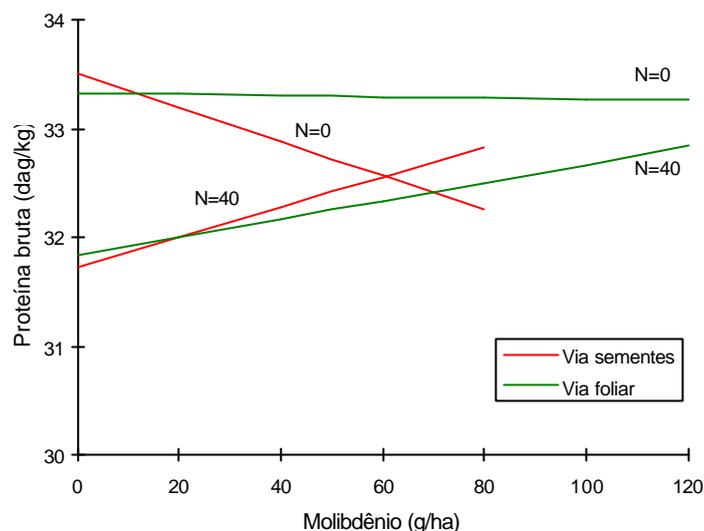
Figura 41 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.



$$\hat{Y} = 33,51 - 0,04422 * N - 0,01566 Mo + 0,0007352 * NMo \quad R^2 = 0,84$$

⁰, * e ** Significativo em nível de 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 42 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.



$$\text{Via sementes: } \hat{Y} = 33,51 - 0,04422 * N - 0,01566^0 \text{Mo} + 0,0007352 * N \text{Mo} \quad R^2 = 0,84$$

$$\text{Via foliar: } \hat{Y} = 33,33 - 0,05136 * N + 0,0003495 * N^2 - 0,0005519 \text{Mo} + 0,0002232 * N \text{Mo} \quad R^2 = 0,73$$

⁰, * e ** Significativo em nível de 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 43 - Cortes nas superfícies de resposta do teor de proteína bruta nos grãos, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Viçosa, no ano agrícola de 1996/97.

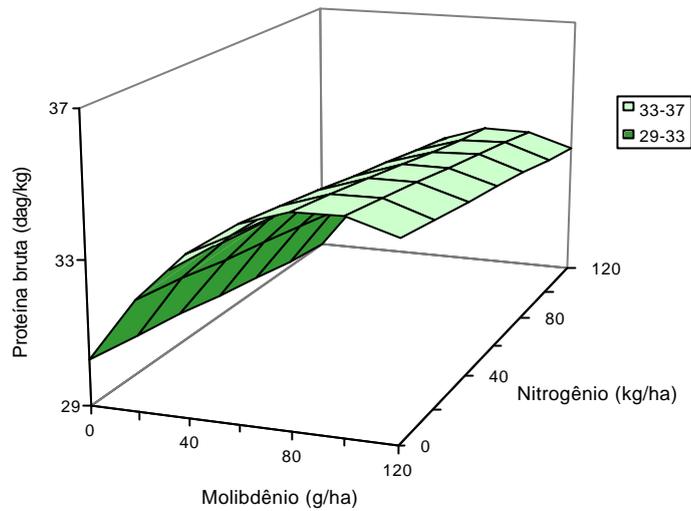
4.9.2.2. Coimbra

Constatou-se pequeno efeito depressivo do N. Porém, as doses crescentes de Mo aplicadas por via foliar determinaram uma resposta quadrática do teor de PB nos grãos, com um máximo de 34,9 dag/kg, obtido com 90,5 g/ha de Mo, na ausência da aplicação de N, um acréscimo de 15,0 % em relação ao tratamento N₀Mo₀ (Figura 44). A redução nos teores de PB nos grãos, com a aplicação de doses de N, reflete bem o comportamento observado dos teores de N total nas folhas (Figura 11), que também foram diminuídos até a dose de 54 kg/ha de N. Entretanto, acima dessa dose houve elevação no teor de N total nas folhas, e o tratamento N₁₂₀Mo₀ promoveu um aumento de 37,9 % na produtividade em relação ao tratamento N₀Mo₀ (Figura 35). Acredita-se que esta tenha sido a

principal causa da redução dos teores de PB nos grãos, uma vez que existe uma correlação negativa entre produtividade de grãos e o seu teor de proteína.

A dose 57 g/ha de Mo nas sementes, na ausência da aplicação de N, determinou um máximo teor de PB nos grãos de 35,8 dag/kg (Figura 45), um aumento de 19,9 % em relação a N₀Mo₀. É provável que o efeito negativo do N também se deva à maior produtividade obtida (20,8 % de acréscimo) com a aplicação isolada desse nutriente (Figura 36).

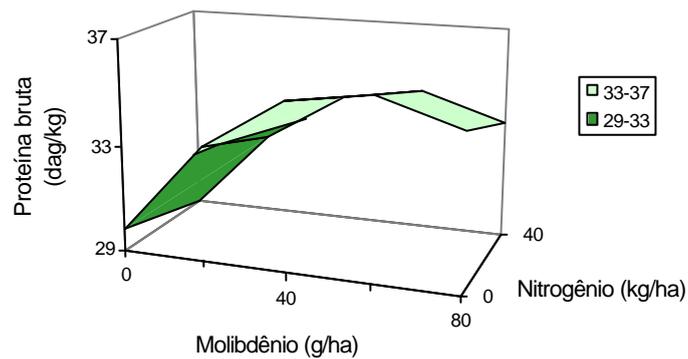
Comparando as formas de aplicação do Mo, com o não-emprego de N, notou-se que o acúmulo de PB nos grãos foi 2,61 % superior com a administração do Mo nas sementes (dose 37 % menor) em relação à sua pulverização foliar (57 g/ha de Mo = 35,8 dag/kg e 91 g/ha de Mo = 34,9 dag/kg, respectivamente), mostrando maior eficiência do micronutriente em aplicação nas sementes. Com a dose de 40 kg/ha de N, estes teores praticamente se equivaleram (57 g/ha de Mo = 34,5 dag/kg e 91 g/ha de Mo = 34,4 dag/kg, respectivamente) (Figura 46).



$$\hat{Y} = 30,30 - 0,01146 * N + 0,1009 * Mo - 0,0005572 * Mo^2 \quad R^2 = 0,78$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

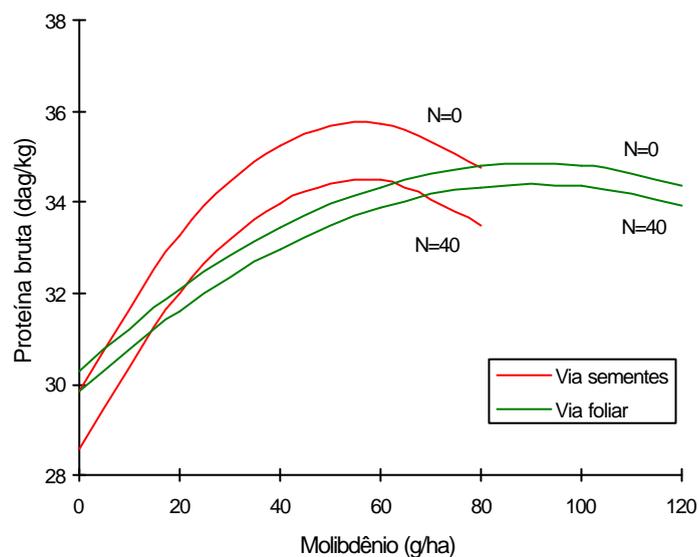
Figura 44 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.



$$\hat{Y} = 29,84 - 0,03169 * N + 0,2086 * Mo - 0,001836 * Mo^2 \quad R^2 = 0,99$$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 45 - Teores de proteína bruta nos grãos em função de doses de N em cobertura e de Mo via sementes, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.



Via sementes: $\hat{Y} = 29,84 - 0,03169 * N + 0,2086 * Mo - 0,001836 * Mo^2$ $R^2 = 0,99$
 Via foliar: $\hat{Y} = 30,30 - 0,01146 * N + 0,1009 * Mo - 0,0005572 * Mo^2$ $R^2 = 0,78$

** Significativo em nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Figura 46 - Cortes nas superfícies de resposta do teor de proteína bruta nos grãos, nas doses de 0 e 40 kg/ha de N em cobertura, em função de Mo via sementes e via foliar, em Coimbra, no ano agrícola de 1996/97.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar os efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), foram realizados quatro experimentos de campo em áreas experimentais da Universidade Federal de Viçosa, dois conduzidos no município de Viçosa – MG e dois no município de Coimbra – MG, nos anos agrícolas de 1995/96 e 1996/97.

Os tratamentos nos dois experimentos de 1995/96, realizados em Viçosa e Coimbra, obedeceram a um arranjo fatorial (4 x 4) + (1 x 4), constituído das doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg/ha) e de molibdênio (0, 40, 80 e 120 g/ha). Os quatro tratamentos adicionais compreenderam as seguintes combinações: 40-20, 40-40, 40-60 e 40-80 de N (kg/ha) e Mo (g/ha). Nos dois experimentos de 1996/97, apenas os tratamentos adicionais foram modificados para 2 x 2, compreendendo as seguintes combinações: 0-40, 0-80, 40-40 e 40-80 de N (kg/ha) e Mo (g/ha).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m, com, aproximadamente, 15 plantas do cultivar CAC-1 por metro de sulco, deixadas após desbaste realizado aos 14 DAE. Na colheita, foram aproveitadas as duas fileiras centrais, eliminando-se 0,5 metro de cada extremidade, ficando com uma área útil de 6,0 m².

Todas as unidades experimentais receberam, no sulco de plantio, 120 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O , como superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Todos os tratamentos foram inoculados com uma mistura de duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*: 5080 (CPAC 7) e 5079 (CPAC 15), na proporção 1:1, na base de 25 g/kg de sementes, utilizando-se uma solução com concentração de 200 g de açúcar para cada litro de água, visando à aderência do inoculante às sementes.

O nitrogênio(sulfato de amônio) foi aplicado da seguinte forma: a dose de 40 kg/ha foi parcelada em duas de 20 e aplicadas aos 15 e 25 dias após a emergência (DAE); a dose de 80 kg/ha foi fracionada em duas de 30 e uma de 20 e aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE; a dose de 120 kg/ha foi dividida em três de 40 e aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE. O molibdênio (molibdato de sódio) foi aplicado de uma só vez, por meio de pulverização foliar, aos 27 DAE. Nos tratamentos adicionais, o N foi parcelado em duas aplicações de 20 kg/ha, aos 15 e 25 DAE, e o Mo aplicado nas sementes, por ocasião do plantio, utilizando-se, como veículo, a mesma solução empregada na inoculação.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: dias da emergência até o florescimento, teor de N total e índice de NO_3^- nas folhas, grau de acamamento, alturas de planta e da primeira vagem na maturação, “stand” final, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos.

Concluiu-se que:

1. As adubações nitrogenada e molíbdica não afetaram o número de dias da emergência até o florescimento nem o grau de acamamento por ocasião da maturação.
2. De modo geral, tanto a aplicação de Mo como de N aumentaram o teor de N total nas folhas.
3. De modo geral, o índice de nitrato foi elevado mais pela adubação nitrogenada que pela molíbdica.
4. A altura das plantas aumentou tanto pela adubação molíbdica como, principalmente, pela nitrogenada.

5. A altura da primeira vagem aumentou com a adubação nitrogenada e diminuiu com a adubação molíbdica.
6. De modo geral, o “stand” final foi pouco afetado pela aplicação de N e Mo.
7. De modo geral, a adubação com N e, principalmente, com Mo foi favorável à produção .
8. O teor de proteína bruta nas sementes foi, geralmente, aumentado pela aplicação de Mo e, às vezes, pela do N.
9. A dose mais favorável de Mo em aplicação foliar variou de 80 a 100 g/ha.
10. Não ocorreram diferenças apreciáveis nas características quando a mesma dose do micronutriente foi pulverizada nas folhas ou aplicada às sementes por ocasião do plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, J.R. Efeito da calagem e do molibdênio aplicado junto com a semente sobre a produção de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DA SOJA RS/SC, 4, 1976, Santa Maria. **Contribuições...** Porto Alegre: FECOTRIGO, 1976. p.43-47.
- ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment.** New York: Springer Verlag, 1986. 533p.
- ALENCAR, S.M., NEVES, M.C.P., RUMJANECK, N.G. Distribuição e utilização dos compostos nitrogenados exportados pelos nódulos de soja em plantas em fase de enchimento de grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Não-paginado.
- AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio.** Viçosa, MG: UFV, 1997. 83p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- AMANE, M.I.V., VIEIRA, C., CARDOSO, A.A. ARAÚJO, G.A.A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **R. Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- AMORIM, R.S.S., TAKETA, S.T., SENNA, L.F.N., DORNELLES, M.S., JACOBNETO, J. Efeito da aplicação foliar de sal de cozinha e molibdênio na nodulação da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Não-paginado.

- ANDRADE, J.B., ALVARENGA, P.E., SILVA, R., CARVALHO, J.G., LUNKES, J.A. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF/APA, 1996. v.1, p.79-81.
- ASSMANN, T.S., ASSMANN, I.C., ASSMANN, A.L., SPONCHIADO, S. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivada sob plantio direto à interação entre níveis de aplicação de nitrogênio de base e cobertura com molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Não-paginado.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analyses.** Washington, D.C.: 1970. 1015 p.
- AYANABA, A., Omayuli, A.P.O. Microbial ecology of acid tropical soils: a preliminary report. **Pl. Soil.**, v.43, n.2, p.519-522, 1975.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola.** Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.
- BELLINTANI NETO, A.M., LAM-SANCHEZ, A. Efeito do molibdênio sobre a nodulação e produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, v.1, n.1, p.13-17, 1974.
- BEN, J.R., VIEIRA, S.A., BERTAGNOLLI, P.F. Reação da soja a nitrogênio em solo sob condições de acidez. In: EMBRAPA. **Soja – resultados de pesquisa 1983/84.** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPTrigo, 1984. p.102-106.
- 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.
- BODDEY, L.H., HUNGRIA, M., SANTOS, M.A., VARGAS, M.A.T. Capacidade de fixação de nitrogênio e ocupação nodular de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Não-paginado.
- BOUTON, J.H., SYERS, J.K., SUMMER, M.E. Alfafa, *Medicago sativa* L., in highly weathered, acid soils. I. Effect of lime and P application on Yield and acetylene reduction (N₂-fixation) of young plants. **Pl. Soil**, v.59, n.3, p.455-463, 1981.

- BROSE, E. Seleção de rizóbio tolerante a Al e a baixo pH. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.26, n.1, p.125-136, 1991.
- CAMARGO, O.A. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p.243-272.
- CAMARGO, P.N. **Princípios de nutrição foliar**. São Paulo: Ceres, 1970. 118p.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHARDER, M., YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.
- CERVI, P.H. Mais atenção na localização dos fertilizantes. **Plantio Direto**. v.4, n.1, p.3, 1986.
- CORSO, I.C. **Uso de sal de cozinha na redução da dose de inseticida para o controle de percevejos da soja**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1990. p.1-7. (Comunicado Técnico, 45).
- DE MOOY, C.J., PESEK, J., SPALDON, E. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B.E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. v.16, p.267-352.
- DECHEN, A.R., HAAG, H.P., CARMELLO, Q.A.C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991a. p.65-78.
- DECHEN, A.R., HAAG, H.P., CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991b. p.79-97.
- DIONISIO, J.A. **Eficiência e competição de estirpes de *Rhizobium japonicum* na cultura da soja**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1996/97**. Londrina, 1996. 164p. (EMBRAPA - soja. Documentos, 96).
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas, princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- ESCUDE, A.M.Q.S. Alguns aspectos da fixação simbiótica do nitrogênio em soja. **Informe Agropecuário**, v.4, n.43, p.20, 1978.

- FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. Stages of soybean development . Special Report 80. **Co-operative Extension Service**. Ames, Iowa: Iowa State University, 1977. 11p.
- FRANCO, A.A., FONSECA, O.O.M. da., MARRIEL, I.E. Efeito do nitrogênio mineral na atividade da nitrogenase e nitrato redutase, durante o ciclo da soja no campo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.2, n.2, p.110-114, 1978.
- GALVÃO, M.V. Regiões bioclimáticas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.29, n.1, p.3-36, 1967.
- GARCIA-BLÁSQUEZ, C., VIDOR, C., MENDES, N.G. Aumento da fixação de nitrogênio em soja por inoculação, irrigação e cobertura do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.15, n.2, p.179-185, 1991.
- GUPTA, U.C., LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants and animals. **Adv. Agron.**, v.34, p.73-115, 1981.
- GURLEY, W.H., GIDDENS, J. Factors affecting uptake, yield response, and carryover of molybdenum in soybean seed. **Agron. J.**, v.61, n.1, p.7-9, 1969.
- HANWAY, J.J., WEBER, C.R. Accumulation of N, P and K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. **Agron. J.**, v.63, n.3, p.406-408, 1971.
- HARDY, R.W.F., BURNS, R.C., HERBERT, R.R., HOLSTEN, R.D., JACKSON, E.K. Biological nitrogen fixation: a Key to World protein. In: LIE, T.A., MULDER, E.G., (Eds.). **Biological nitrogen fixation in natural and agricultural habitats**. The Hague: Nijhoff, 1971. p.561-590.
- HARDY, R.W.F., HAVELKA, U.D. Symbiotic N₂ fixation; multifold enhancement by CO₂ enrichment of field-grown soybeans. **Plant Physiol.**, v.48, n.1, p.35-38, 1973. Suplemento.
- HARRIS, H.B., PARKER, M.B., JOHNSON, B.J. Influence of molybdenum content 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. (Spec. vol.).
- HATFIELD, J.L., EGLI, D.B., LEGGETT, J.E., PEASLEE, D.E. Effect of applied nitrogen on the nodulation and early growth of soybeans. **Agron. J.**, v.66, n.1, p.112-115, 1974.
- JACKSON, C.M. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1965. p.195-196.

- JACOB-NETO, J., FRANCO, A.A. **Adubação de molibdênio em feijoeiro**. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1986. p.1-4. (Comunicado Técnico, 1).
- JACOB-NETO, J., FRANCO, A.A. Adubação de molibdênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p. 1213-1215.
- JUNQUEIRA NETTO, A., SANTOS, O.S., AIDAR, H., VIEIRA, C. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **R. Ceres**, v.24, n.136, p.628-633, 1977.
- KOCHIAN, L.V. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M., WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.229-292.
- KURIHARA, C.H., MAEDA, S. Correção e adubação do solo. In: EMBRAPA. **Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, MS: 1996. p.54-66. (EMBRAPA/CPAO. Circular técnica,3).
- LANTMANN, A.F., CAMPO, R.J., SFREDO, G.J., BORKERT, C.M. **Micronutrientes para a cultura da soja no Estado do Paraná: zinco e molibdênio**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo., 1985. 8p. (Comunicado Técnico, 34).
- LANTMANN, A.F., SFREDO, G.J., BORKERT, C.M., OLIVEIRA, M.C.N. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.13, n.1, p.45-49, 1989.
- LAVY, T.L., BARBER, S.A. A relationship between the yield response of soybean to molybdenum applications and the molybdenum content of the seed produced. **Agron. J.**, v.55, n.2, p.154-155, 1963.
- LIMA, S.C., LOPES, E.S., LEMOS, E.G.M. Dinâmica da nodulação e caracterização de *Bradyrhizobium japonicum* em soja a campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p.511-513.
- 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.

- LIRA JUNIOR, M.A., KOLLING, J., PEREIRA, J.S., BURITY, H.A., FIGUEIREDO, M.B.V. Competitividade de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em fase de recomendação para a cultura da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, n.2, p.185-191, 1993.
- LOWENDORF, H.S., BAYA, A.M., ALEXANDER, M. Survival of *Rhizobium* in acid soils. **Appl. Environ. microbiol.**, v.42, n.6, p.951-957, 1981.
- MACCRAE, R.E., HANUS, F.J., EVANS, H.J. Properties of hydrogenase system in *Rhizobium japonicum* bacteroids. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, v.80, n.2, p.384-390, 1978.
- MAEDA, S., KURIHARA, C.H. Resposta da soja à inoculação de semente com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p.531-533.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p.31.
- MALAVOLTA, E., KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1986. 672p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic, 1995. 889p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MINCHIN, F.R., SUMMERFIELD, R.J., HADLEY, P., ROBERTS, E.H., RAWSTHORNE, S. Carbon and nitrogen nutrition of modulated roots of grain legumes. **Plant Cell Environ**, v.4, n.1, p.5-26, 1981.
- MOROTE, C.G.B., VIDOR, C., MENDES, N.G., PEREIRA, J.S. Melhoria da nodulação da soja pela cobertura do solo e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **R. Bras. Ci. Solo**, v.14, n.2, p.143-150, 1990.
- MOSQUIM, P.R., SODEK, L. Partitioning of nitrogen in soybean fruit explants cultured with glutamine, asparagine or allantoin. **Plant Physiol. Biochem.**, v.30, n.4, p.451-457, 1992.

- NATR, L. Mineral nutrients – a ubiquitous stress factor for photosynthesis. **Photosynthetica**, v.27, n.3, p.271-294, 1992.
- NEVES, M.C.P., FERNANDES, M.S.F., SÁ, M.F.M. Assimilação de nitrogênio em plantas noduladas de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.17, n.5, p.689-695, 1982.
- NORMAN, A.G., KRAMPITZ, L.O. The nitrogen of soybeans. II. Effect of available soil nitrogen on growth and nitrogen fixation. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v.10, p.191-196, 1945.
- NOVELINO, J.O., NEVES, J.C.L. Aplicação de cobalto e molibdênio via sementes de soja (*Glycine max.* (L.) Merrill), em Maracaju–MS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 18, 1988, Guaraparí. **Resumos...** Vitória: SBCS, 1988. p.160.
- NOVO, M.C.S.S., TANAKA, R.T., MASCARENHAS, H.A.A., BORTOLETTO, N., GALLO, P.B., PEREIRA, J.C.V.N.A., VARGAS, A.A.T. Efeito do nitrogênio e do potássio na fixação simbiótica do nitrogênio em soja cultivada no inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro, RJ: SBCS, 1997. Não-paginado.
- OLIVEIRA, J.C., RAMOS, M.L.G., DUQUE, F.F. Inoculação da soja, em solo de cerrado, no primeiro ano de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.15, n.3, p.273-276, 1991.
- OLIVEIRA, L.A., VIDOR, C. Colonização, sobrevivência e competitividade de estirpes de *Rhizobium japonicum*. **R. Bras. Ci. Solo**, v.8, n.1, p.57-62, 1984b.
- OLIVEIRA, L.A., VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* em soja. II. Capacidade competitiva por sítios de nódulos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.8, n.1, p.43-47, 1984a.
- PACHECO, D.D. **Índices de disponibilidade de nitrogênio, teores de nitrato, vitamina C, nutrientes e produção de repolho em função de nitrogênio e composto orgânico.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 73p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- PANIZZE, M.C.C., PORTO, M.P. Caracterização e avaliação de germoplasma de soja. In: EMBRAPA. **Centro Nacional de Recursos Genéticos. Catálogo de Germoplasma de Soja (*Glycine max* (L.) Merril).** Brasília: 1982. p.15-128.

- PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Adv. Agronomy**, v.30, p.1-50, 1978.
- PARKER, M.B., HARRIS, H.B. Soybean response to molybdenum and lime and the relationship between Yield and chemical composition. **Agron. J.**, v.54, n.6, p.480-483, 1962.
- PARKER, M.B., HARRIS, H.B. Yield and leaf nitrogen of nodulating and nonnodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. **Agron. J.**, v.69, n.4, p.551-554, 1977.
- PRICE, C. A., CLARK, H.E., FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1983. p.2231-2242.
- QUEBEDEAUX, B., HARDY, R.W.F. Reproductive growth and dry matter production of *Glycine max* (L.) Merrill in response to oxygen concentration. **Plant Physiol.**, v.55, n.1, p.102-107, 1975.
- RAINBIRD, R.M., ATKINS, C.A., PATE, J.S., SANFORD, P. Significance of hydrogen evolution in the carbon and nitrogen economy of nodulated cowpea. **Plant Physiol.**, v.71, n.1, p.122-127, 1983.
- RAWSTHORNE, S., MINCHIN, F.R., SUMMERFIELD, R.J., COOKSON, C., COOMBS, J. Carbon and nitrogen metabolism in legume root nodules. **Phytochemistry**, v.19, n.3, p.341-355, 1980.
- REDINBAUGH, M.G., CAMPBELL, W.H. Higher plant response to environmental nitrate. **Physiol. Plantarum**, v.82, n.4, p.640-650, 1991.
- REUTER, D.J., Temperate and sub-tropical crops. In: REUTER, D.J., ROBINSON, J.B. (Eds.). **Plant analysis**. Sydney: Melbourne, 1986. p.38-99.
- ROBSON, A.D., PITMAN, M.G. Interactions between nutrients in higher plants. In: LAUUCHLI, A., BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer – Verlag, 1983. p.147-186.
- ROCHA, M.B., NOGUEIRA JÚNIOR, S. Subsídios para o estabelecimento de uma política de ciência e tecnologia (C&T) para o complexo soja. **Informações Econômicas**, v.28, n.3, p.63-65, 1998.
- ROSSUM, D.V., MUYOTCHA, A., VERSEVELD, H.W.V., STOUTHAMER, A.H., BOOGERD, F.C. Effects of *Bradyrhizobium* strain and host genotype, nodule dry weight and leaf area on groundnut (*Arachis hypogaeae* L. ssp. fastigiata) yield. **Plant Soil**, v.154, n.2, p.279-288, 1993.

- RUIZ, A.D., RIVAS, Y.F.F., HERVAS, A.D., ALVAREZ, V.V.H. Níveis críticos de fósforo e nitrogênio em plantas de soja sem e com inoculação com *Rhizobium japonicum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p.942-944.
- RUSCHEL, A. P., FREITAS, J.R. Potencial de fixação de nitrogênio em soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3, 1984, Campinas. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNPS, 1984. p.815-826.
- RUSCHEL, A.P., EIRA, P.A. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) : influência da adição de cálcio ao solo e molibdênio ao revestimento da semente. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.4, n.2, p.103-107, 1969.
- SACO, D., ALVAREZ, M., MARTIN, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.6, p.1157, 1995.
- SAIRAM, R.K., TILL, A.R., BLAIR, G.J. Effect of sulfur and molybdenum levels on growth, nitrate-assimilation, and nutrient content of *Phalaris*. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.10, p.2093-2103, 1995.
- SAMARÃO, S.S., DIDONET, A.D., NEIVA, L.C.S., DUQUE, F.F., GOI, S.R., JACOB NETO, J., MONTEIRO, P.M.F.O., ROLIM, R.B. Influência da calagem e micronutrientes na nodulação da soja por *Rhizobium japonicum* em solos ácidos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.21, n.3, p.237-244, 1986.
- SANTOS, A.B., VIEIRA, C., LOURES, E.G., BRAGA, J.M., THIEBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **R. Ceres**, v.26, n.143, p.92-101, 1979.
- SANTOS, O.S. dos. Molibdênio. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p.191-217.
- SANTOS, O.S., CAMARGO, R.P., ESTEFANEL, V., TRINDADE, A.D.M., WEISS, L.C.S., PLEIN, O.F.S. Efeitos do molibdênio na soja e equivalência com doses de nitrogênio. In: Soja: relatório de pesquisa do Centro de Ciências Rurais . Santa Maria: UFSM/FATEC, 1985. p.7-11.
- SANTOS, O.S., CAMARGO, R.P., RAUPP, C.R. Efeitos de dosagens de molibdênio, cobalto, zinco e boro, aplicados nas sementes, sobre características agrônômicas da soja – 5º ano. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 12, 1984, Pelotas. **Contribuição do Centro de Ciências Rurais**. Santa Maria: UFSM/FATEC, 1984. p.6-10.

- SANTOS, O.S., CERETTA, C.A., PITOL, C. **Efeitos de dosagens de molibdênio, cobalto, zinco e boro aplicados em sementes sobre características agronômicas da soja**. Cruz Alta: Universidade Federal de Santa Maria, 1980. 5p.
- SANTOS, O.S., ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v.16, n.1 p.5-17, 1986.
- SANTOS, O.S., ESTEFANEL, V., CAMARGO, R.P., ZAGO, A., TRINDADE, A.D.M., REGINATTO, E.F., WEISS, L.C.S. Efeito da aplicação de molibdênio e de zinco em sementes de soja sobre o teor desses nutrientes. In: Soja: relatório de pesquisa do Centro de Ciências Rurais. Santa Maria: UFSM/FATEC, 1986. p.39-44.
- SANTOS, O.S., GAUSMANN, E. Resposta da soja ao tratamento de sementes com inoculante e com micronutrientes. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 12, 1984, Santa Maria. **Anais...** Pelotas: UFSM/FATEC, 1984. p.21-24.
- SANTOS, O.S., RAUPP, C.R., CAMARGO, R.P. Efeitos de dosagens de molibdênio, cobalto, zinco e boro, aplicados nas sementes, sobre características agronômicas da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 11, 1983, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/FATEC, 1983. p.40-44.
- SCHMEHL, W.R., PEECH, M., BRADFIELD, R. Causes of poor growth of plants on acid soils and beneficial effects of liming. I. Evaluation of factors responsible for acid-soil injury. **Soil Sci.**, v.70, n.5, p.393-410, 1950.
- SCHREVEN, D.A. van. Effects of added sugars and nitrogen on nodulation of legumes. **Plant Soil**, v.11, n.2, p.93-112, 1959.
- SCHUBERT, K.R., EVANS, H.J. Hydrogen evolution; a major factor affecting the efficiency of nitrogen fixation in nodulated symbionts. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v.73, n.4, p.1207-1211, 1976.
- SCHUBERT, K.R., RYLE, G.J.A. The energy requirements for nitrogen fixation in nodulated leguminous. In: SUMMERFIELD, R.J., BUNTING, A.H. (Eds.). **Advances in legume science**. London: H.M.S.O., 1980. p.85-96.
- SEDIYAMA, T., CARDOSO, A.A., VIEIRA, C., ATHOW, K.L. Efeito de espaçamento entre e dentro das fileiras de plantio sobre duas variedades de soja, em Viçosa e Capinópolis. **R. Ceres**, v.19, n.104, p.89-107, 1972.

- SEDIYAMA, T., PEREIRA, M.G., SEDIYAMA, C.S., GOMES, J.L.L. **Cultura da soja: I parte**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 96p. (Universidade Federal de Viçosa, 211).
- SFREDO, G.J., BORKERT, C.M., CASTRO, C. Efeito de micronutrientes sobre a produção de soja em três solos do Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p.1216-1218.
- SIQUEIRA, C., VELLOSO, A.C. Adsorção de molibdênio em solos sob vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.2, n.1, p.24-28, 1978.
- SIQUEIRA, J.O., FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, DF: MEC; LAVRAS: ESAL, 1988. 235p.
- SOUZA, L.H., NOVAIS, R.F. Efeito do pH da rizosfera de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro, RJ: SBCS, 1997. Não-paginado.
- STREETER, J.G. Growth of two soybean shoots on a single root. **J. Exp. Bot.**, v.25, n.84, p.189-198, 1974.
- STREETER, J.G. Nitrogen nutrition of field grown soybean plants. I. Seasonal variations in soil nitrogen and nitrogen composition of stem exudates. **Agron. J.**, v.64, n.2, p.311-314, 1972.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin / Cummings, 1991. 559p.
- TANAKA, T.R. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa fertilidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.28, n.2, p.235-256, 1993.
- TANAKA, R.T., MASCARENHAS, H.A.A., MURAOKA, T., BORTOLETTO, N., GALLO, P.B., PEREIRA, J.C.V.N.A. Absorção e exportação de nutrientes por cultivares de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro, RJ: SBCS, 1997. Não-paginado.
- TESAROVA, J., NATR, L. Effect of nitrogen deficiency on growth and chloroplast number in spring barley. **Photosynthetica**, v.20, n.4, p.371-376, 1986.
- THIBODEAU, P.S., JAWORSKI, E.G. Patterns of nitrogen utilization in the soybean. **Planta (Berl.)**, v.127, n.2, p.133-147, 1975.

- URBEN FILHO, C., CARDOSO, A.A., VIEIRA, C., FONTES, L.A.N., THIEBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **R. Ceres**, v.27, n.151, p.302-312, 1980.
- VARGAS, M.A.T., PERES, J.R.R., SUHET, A.R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.17, n.8, p.1127-1132, 1982.
- VARGAS, M.A.T., SUHET, A.R. Efeito de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.15, n.3, p.343-347, 1980.
- VIDOR, C., BROSE, E., PEREIRA, J.S. Competição por sítio de infecção nodular entre estirpes de *Rhizobium japonicum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agron. Sulriogr.**, v.15, n.2, p.227-238, 1979.
- 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.
- VITTI, G.C., FORNASIERI FILHO, D., PEDROSO, P.A.C., CASTRO, R.S.A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, v.8, n.3, p.349-352, 1984.
- VOSS, M., BEM, J.R. Estabelecimento de *Bradyrhizobium* em pastagem natural do Rio Grande do Sul através da inoculação de aveia como cultura pioneira, e antecessora da soja, em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro, RJ: SBCS, 1997. Não-paginado.
- VOSS, M., ROSINHA, R.C., BISSANI, C.A. Teor de molibdênio de sementes de soja do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1995. p.1212.
- WEBER, C.R. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. **Agron. J.**, v.58, n.1, p.46-49, 1966.
- ZAMBOLIM, L., SEDIYAMA, C.S., RIBEIRO, A.C., CHAVES, G.M. Efeito de fungicidas protetores e sistêmicos e molibdênio, na emergência, produção e fixação simbiótica do nitrogênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **R. Ceres**, v.22, n.124, p.440-448, 1975.