

ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA DA CULTURA DA SOJA EM VIÇOSA E COIMBRA, MINAS GERAIS¹

Lúcio Pereira Santos²
Clibas Vieira³
Carlos S. Sedyama³
Tuneo Sedyama³

RESUMO

Em 1995/96, instalaram-se experimentos com soja em Viçosa e Coimbra, Zona da Mata de Minas Gerais, repetidos nos mesmos municípios no ano agrícola seguinte. Em 1995/96, utilizou-se um fatorial (4 x 4) + 4, ou seja, quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg/ha), aplicadas parceladamente em cobertura, combinadas com quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha), em aplicação foliar aos 27 dias após a emergência das plantas, mais quatro tratamentos adicionais: 40-20, 40-40, 40-60 e 40-80 de N (kg/ha) e Mo (g/ha), o primeiro aplicado parceladamente em cobertura e o segundo, nas sementes. Em 1996/97, apenas as combinações N-Mo dos tratamentos adicionais foram diferentes: 0-40, 40-40, 0-80 e 40-80. Todas as parcelas receberam uma adubação básica de 120 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O. As sementes foram inoculadas com duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A soja CAC-1 foi semeada em fileiras espaçadas de 0,6 m, com 15 plantas/m. Verificou-se o seguinte: a) em três experimentos o Mo aumentou o rendimento da soja e a dose mais favorável variou de 76 a 100 g/ha; b) em dois experimentos o N incrementou a produtividade, sendo 120 kg/ha a dose mais favorável; c) sozinho, o Mo trouxe aumentos de produção que variaram de 20 a 32%, enquanto o efeito isolado do N foi de 11%; d) quando houve efeito conjunto de N e Mo, o aumento foi de 69%; e) para o rendimento, não houve diferença entre a aplicação do Mo nas folhas ou nas sementes ou, então, a aplicação

¹ Aceito para publicação em 19.08.1999.

² Ex-aluno do Curso de Doutorado em Fitotecnia da UFV.

³ Departamento de Fitotecnia da UFV, 36571-000 Viçosa-MG

nas sementes foi algo mais eficiente; f) o Mo incrementou o teor de proteína das sementes nos quatro experimentos, ao passo que o N o fez em dois experimentos (com a dose máxima) e foi prejudicial em um; g) a dose mais favorável de Mo para o incremento relacionado no item f variou de 82,5 a 120 g/ha; h) os aumentos do teor de proteína, por ação do Mo ou do Mo + N, variaram de 5,3% a 17,3%; i) para o teor de proteína nas sementes, a aplicação de Mo nas sementes mostrou-se um pouco superior à aplicação foliar; j) não houve acamamento de plantas em nenhum tratamento; k) em três experimentos as plantas atingiram ou ultrapassaram a altura de 70 cm de altura, mas no quarto experimento isso somente foi alcançado com 120 kg/ha de N; e l) nos quatro experimentos a altura de inserção da primeira vagem foi inferior a 15 cm.

Palavras-chaves: *Glycine max*, nitrogênio, molibdênio, rendimento, proteína na semente, altura da planta.

ABSTRACT

NITROGEN AND MOLYBDENUM FERTILIZATION OF THE SOYBEAN CROP IN VIÇOSA AND COIMBRA, STATE OF MINAS GERAIS

Soybean experiments were carried out in Viçosa and Coimbra in the “agricultural year” of 1995/96 and repeated in both localities in 1996/97. In the first year a (4 x 4) + 4 factorial was used, in which the factors were four doses of N (0, 40, 80 and 120 kg/ha) x four doses of Mo (0, 40, 80 and 120 g/ha). The nitrogenous fertilizer was applied parcelled as side dressing, while the molybdcic fertilizer was sprayed on the leaves 27 days after plant emergence. The four additional treatments comprised the following combinations of N (kg/ha) and Mo (g/ha): 40-20, 40-40, 40-60 and 40-80, in which the first was applied parcelled as side dressing and the second at the seeds. In the second year, only the N-Mo combinations of the additional treatments were different: 0-40, 40-40, 0-80 and 40-80. All plots received a basic fertilization of 120 kg/ha of P₂O₅ and 60 kg/ha of K₂O. Seeds were inoculated with two strains of *Bradyrhizobium japonicum*. Soybean cultivar CAC-1 was planted in rows 0.6 m apart at the density of 15 plants/m. It was verified that: a) in three experiments Mo increased the soybean yield, and the most favorable dose varied from 76 to 100 g/ha; b) in two experiments N increased the yield, and 120 kg/ha was the most favorable dose; c) Mo alone brought yield increases from 20 to 32%, while the N alone caused 11% of yield increase; d) when N and Mo had a combined effect, yield increase reached 69%; e) in relation to yield, either no difference was found between Mo application on leaves and seeds or application on seeds was somewhat more efficient; f) Mo augmented seed protein content in the four experiments, while N did the same in two experiments (with the highest dose) and was prejudicial in one; g) the most favorable Mo dose for the increase mentioned at the item f varied from 82.5 to 120 g/ha; h) seed protein increase caused by Mo or N + Mo varied from 5.3 to 17.3%; i) in relation to seed protein content, Mo application on seeds was somewhat more efficient than foliar application; j) no plant

lodging occurred in any treatment; k) in three experiments plants were more than 70 cm tall, but in the fourth experiment that was reached only with 120 kg/ha of N; and l) in all experiments first pod height was always inferior to 15 cm.

Key words: *Glycine max*, nitrogen, molybdenum, yield, seed protein, plant height.

INTRODUÇÃO

O molibdênio é o micronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas (7, 8). Ele é constituinte da enzima nitrogenase, necessária para a fixação do N₂ nos nódulos das raízes, além de ser constituinte da redutase do nitrato, enzima responsável pela redução do nitrato a nitrito. Por motivo dessa sua ligação com o metabolismo do N, sua carência provoca nas leguminosas sintomas que se confundem com os da carência de N, ou seja, menor desenvolvimento da planta e, sobretudo, amarelidez geral das folhas.

Em geral, o produtor de soja não faz a adubação nitrogenada da cultura, considerando que a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* é o suficiente para, por intermédio dos nódulos radiculares, suprir as plantas do N que elas necessitam.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, tem sido verificado que a cultura do feijão responde acentuadamente à adubação molíbdica foliar, com aumentos de rendimento que, em geral, atingem de 30 a mais de 100% (1, 5, 13). Para essa cultura, a época mais propícia para a aplicação foliar do Mo varia de 14 a 28 dias após a emergência das plantas, ou seja, antes da floração, e a dose que propicia as mais altas produções é de 80 a 90 g/ha (5). Também foi verificado que a adubação molíbdica pode substituir a adubação nitrogenada em cobertura, desde que se aplique adubo nitrogenado por ocasião do plantio (2).

Esses resultados favoráveis com a cultura do feijão levantaram o interesse de verificar se o mesmo ocorreria com a soja. Por isso, conduziram-se experimentos de adubação com N e Mo em Viçosa e Coimbra, municípios da Zona da Mata de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Na primavera de 1995, instalaram-se os experimentos 1 (em Viçosa) e 2 (em Coimbra). Na primavera de 1996, os experimentos foram repetidos (3 e 4 nos mesmos municípios, respectivamente). Amostras de solo

retiradas a 0-20 cm de profundidade, nos locais dos quatro experimentos, foram caracterizadas quimicamente (Quadro 1)

| QUADRO 1 – Resultados das análises químicas das amostras de solo colhidas nos locais dos experimentos (*) | | | | |
|--|-------------|----------|----------------|----------------|
| Características químicas | Experimento | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 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/dm ³) | 2,3 | 2,0 | 2,4 | 2,4 |
| Mg ²⁺ trocável ² (cmol/dm ³) | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 1,1 |
| Al ³⁺ trocável ² (cmol/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.

Nos experimentos 1 e 2 utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, em que os tratamentos obedeceram ao fatorial (4 x 4) + 4, ou seja, quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 kg/ha) x quatro doses de Mo (0, 40, 80 e 120 g/ha) e quatro tratamentos adicionais: 40-20, 40-40, 40-60 e 40-80 de N (kg/ha) e Mo (g/ha). Nos tratamentos do fatorial, o Mo foi aplicado nas folhas, na forma de molibdato de sódio diluído em água, aos 27 dias após a emergência (DAE) das plantas; o adubo nitrogenado (sulfato de amônio) foi empregado da seguinte forma: a dose de 40 kg/ha foi parcelada em duas de 20 e aplicadas aos 15 e 25 DAE; a dose de 80 kg/ha foi fracionada em duas de 30 e uma de 20 aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE, respectivamente; e a dose de 120 kg/ha foi dividida em três de 40 e aplicadas aos 15, 25 e 35 DAE. Nos tratamentos adicionais, o sulfato de amônio foi parcelado em duas aplicações de 20 kg/ha, aos 15 e 25 DAE, e o molibdato de sódio aplicado nas sementes por ocasião do plantio, utilizando-se uma solução de 200 g de açúcar para cada litro de água, com o objetivo de facilitar a distribuição e aderência do molibdato na superfície das sementes.

Nos experimentos 3 e 4, o delineamento e os tratamentos foram iguais aos dos experimentos 1 e 2, à exceção dos tratamentos adicionais, que passaram para as seguintes combinações N-Mo: 0-40, 40-40, 0-80 e 40-80, ou seja, utilizou-se um fatorial (4 x 4) + 2². De novo, o micronutriente foi aplicado nas folhas, no fatorial, e nas sementes, nos tratamentos adicionais.

Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m, com cerca de 15 plantas do cultivar CAC-1 por metro de sulco, após desbaste. Na colheita, aproveitaram-se, como área útil, os 6,0 m² centrais de cada parcela.

O preparo do solo consistiu de uma aração seguida de duas gradagens. Todas as parcelas receberam, nos sulcos de plantio, 120 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K₂O, na forma de cloreto de potássio. Os tratamentos culturais foram os normais.

Imediatamente antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com uma mistura (1:1) de duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*: 5080 (CPAC 7) e 5079 (CPAC 15), na proporção de 1 kg/40 kg de sementes. Utilizou-se uma solução com 200 g de açúcar para cada litro de água, visando a aderência do inoculante às sementes.

De cada parcela experimental, anotaram-se a produção de sementes, o grau de acamamento, o teor de proteína nas sementes e a altura das plantas e da inserção da primeira vagem. Essas alturas foram tomadas em quatro e seis plantas, respectivamente, escolhidas ao acaso. Para determinação do teor de proteína nas sementes, estas 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 percentagem de N encontrada em proteína bruta, usando-se o fator de conversão 6,25 (3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de grãos

Em Viçosa, os rendimentos foram mais altos que os de Coimbra nos dois anos (Quadro 2), diferença cuja explicação não é fácil, porquanto química e texturalmente os solos são muito semelhantes (Quadro 1), além de terem recebido a mesma adubação PK básica.

Em razão de terem sido significativas as interações locais x anos ($P < 0,01$), locais x tratamentos ($P < 0,05$) e anos x tratamentos ($P < 0,01$), apresentar-se-ão, em seguida, os resultados das análises de regressão por experimento.

Em Viçosa, em 1995/96, houve efeito significativo apenas do Mo ($\hat{Y} = 2.905,44 + 11,4398^{**} Mo - 0,05717^{*} Mo^2$; $R^2 = 0,96$), com a produção máxima estimada (3.478 kg/ha) proporcionada por 100 g/ha de Mo, um incremento de 19,7% em relação à não-aplicação de Mo.

Os tratamentos adicionais foram analisados, incluindo-se o tratamento N₄₀Mo₀ do fatorial principal. Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Observou-se apenas

tendência de aumento do rendimento com as maiores doses de Mo (Quadro 2). Tampouco encontrou-se significância ($P > 0,05$) nas diferenças entre as aplicações foliar e nas sementes das combinações $N_{40} Mo_{40}$ e $N_{40} Mo_{80}$.

QUADRO 2 – Produtividade média de grãos (kg/ha), em Viçosa e Coimbra, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97

| N (kg/ha) | Mo (g/ha) | Viçosa | | Coimbra | |
|--------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1995/96 | 1996/97 | 1995/96 | 1996/97 |
| 0 | 0 | 2.608 | 3.524 | 1.723 | 1.663 |
| 0 | 40 | 3.025 | 3.146 | 2.637 | 2.372 |
| 0 | 80 | 3.350 | 3.450 | 2.646 | 2.319 |
| 0 | 120 | 3.472 | 3.392 | 2.732 | 1.993 |
| 40 | 0 | 3.019 | 3.439 | 2.096 | 2.061 |
| 40 | 40 | 3.335 | 3.363 | 2.579 | 2.501 |
| 40 | 80 | 3.419 | 3.267 | 2.702 | 2.577 |
| 40 | 120 | 3.596 | 3.332 | 2.781 | 2.513 |
| 80 | 0 | 3.010 | 3.524 | 2.075 | 2.168 |
| 80 | 40 | 3.603 | 3.623 | 2.580 | 2.881 |
| 80 | 80 | 3.183 | 3.596 | 2.733 | 2.728 |
| 80 | 120 | 3.467 | 3.531 | 2.533 | 2.599 |
| 120 | 0 | 2.904 | 3.583 | 2.329 | 2.471 |
| 120 | 40 | 3.363 | 3.697 | 2.727 | 2.958 |
| 120 | 80 | 3.627 | 3.841 | 2.546 | 2.656 |
| 120 | 120 | 3.365 | 3.706 | 2.896 | 3.034 |
| 40 (0) | 20 (40) (*) | 3.281 | 2.688 | 2.394 | 2.367 |
| 40 | 40 (*) | 3.469 | 3.401 | 2.710 | 2.607 |
| 40 (0) | 60 (80) (*) | 3.505 | 3.447 | 2.342 | 2.188 |
| 40 | 80 (*) | 3.411 | 3.010 | 2.621 | 2.604 |

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.
Entre parênteses, as doses usadas em 1996/97.

Em Coimbra (1995/96), também houve influência significativa apenas do Mo ($\hat{Y} = 2.085,84 + 14,4720^{**} Mo - 0,07758^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,94$). A produtividade máxima estimada (2.761 kg/ha) foi obtida com 93 g/ha de Mo em aplicação foliar, um incremento de 32,4% em relação à não-aplicação de Mo.

Os comentários relativos aos tratamentos adicionais feitos para o experimento de Viçosa (1995/96) são também válidos para o de Coimbra do mesmo ano agrícola.

Em 1996/97, em Viçosa, os resultados diferiram dos do ano anterior. Desta vez, houve efeito significativo apenas das doses de N, que elevaram linearmente o rendimento da soja ($\hat{Y} = 3.320,09 + 3,0130^{**} N$; $R^2 = 0,86$). A maior dose (120 kg/ha) aumentou a produtividade em 10,9% em relação

à dose 0 do N. Choveu fortemente após a aplicação foliar do Mo, o que talvez explique por que ele não teve efeito neste experimento.

Quanto aos tratamentos adicionais, sua análise estatística foi realizada com a inclusão de N_0Mo_0 e $N_{40}Mo_0$ do fatorial principal. O micronutriente aplicado às sementes teve efeito ligeiramente depressivo ($\hat{Y} = 3.361,62 + 6,0066N - 16,4880^{**} Mo + 0,1941^{*} Mo^2 - 0,1104^{*} N.Mo$; $R^2 = 0,42$), atingindo o rendimento mínimo (3.039 kg/ha) com a dose estimada de 54 g/ha, um decréscimo de 9,6% em relação à não-aplicação de Mo. Quando se compararam os modos de aplicação do micronutriente nas combinações N_0Mo_{40} , N_0Mo_{80} , $N_{40}Mo_{40}$ e $N_{40}Mo_{80}$, verificou-se que somente na primeira combinação houve diferença significativa ($P < 0,05$), propiciando a aplicação foliar uma vantagem de 458 kg/ha sobre a aplicação nas sementes, ou seja, uma vantagem de 17%.

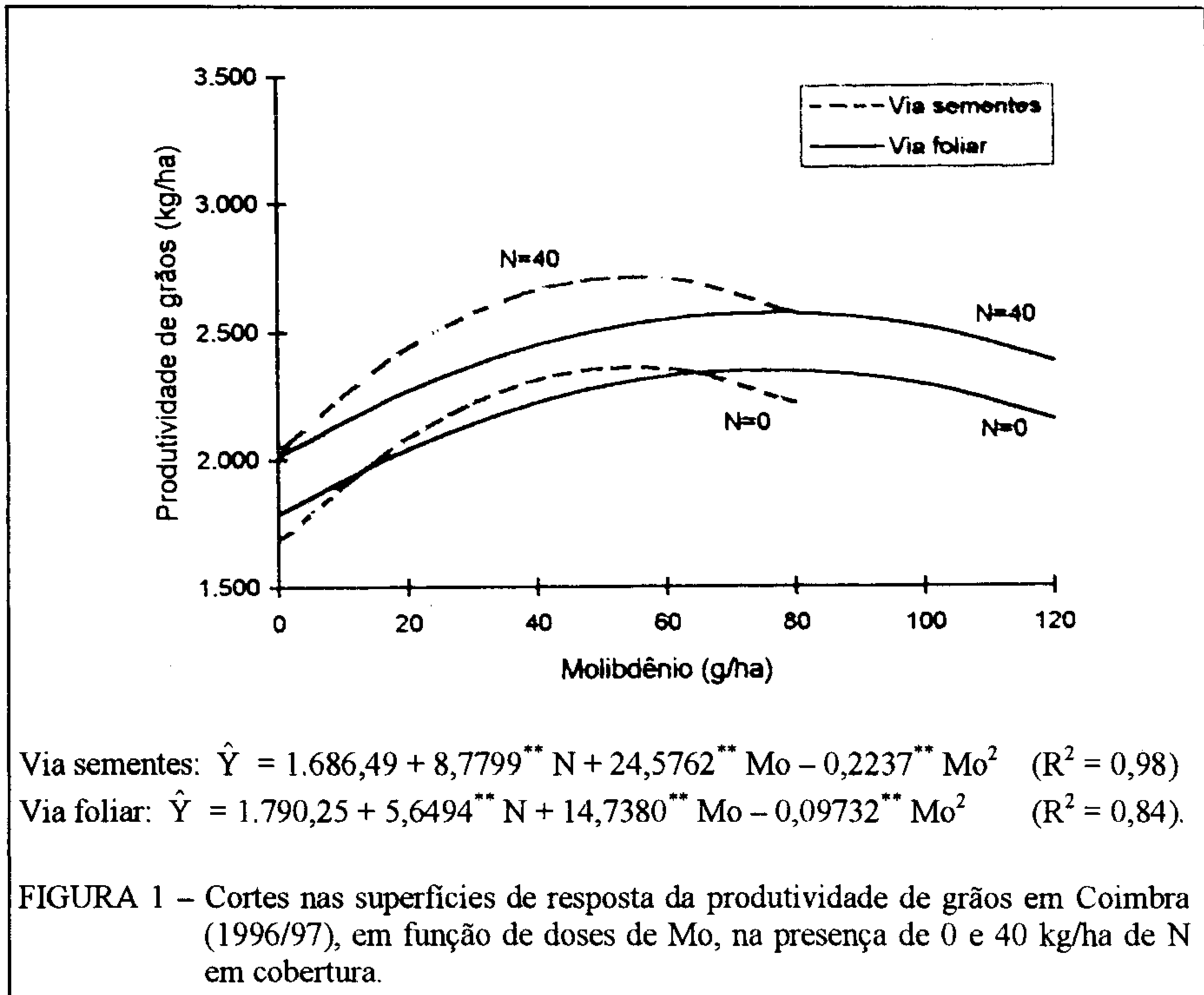
Em Coimbra (1996/97), tanto o N como o Mo influenciaram significativamente a produtividade da soja ($\hat{Y} = 1790,25 + 5,6494^{**} N + 14,7380^{**} Mo - 0,09732^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,84$). A produtividade máxima estimada (3.026 kg/ha) foi alcançada com 120 kg/ha de N associada à dose de 76 g/ha de Mo, um incremento de 69,0% em relação à não-aplicação de N e Mo.

A análise estatística dos tratamentos adicionais obedeceu ao que foi feito com o experimento de Viçosa do mesmo ano agrícola. Desta vez, porém, tanto o N (em cobertura) como o Mo (via sementes) incrementaram significativamente o rendimento da soja ($\hat{Y} = 1686,49 + 8,7799^{**} N + 24,5762^{**} Mo - 0,2237^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,98$). A combinação de 40 kg/ha de N com 55 g/ha de Mo proporcionou a produtividade máxima estimada de 2.713 kg/ha, um aumento de 61,0% em relação à não-aplicação de N e Mo.

Comparando os modos de aplicação do Mo em Coimbra (1996/97), obtiveram-se diferentes curvas de regressão (Fig. 1). Nota-se que a aplicação do micronutriente nas sementes, com 40 kg/ha de N, foi algo mais eficiente que a aplicação foliar, porquanto com menor dose de Mo atingiu-se maior produção da soja (2.713 kg/ha com 55 g/ha de Mo “versus” 2.574 kg/ha com 76 g/ha de Mo). Com 0 kg/ha de N houve pouca diferença de produtividade, mas a aplicação de Mo nas sementes também foi mais eficiente, em vista da menor dose necessária do micronutriente.

Fazendo uma análise conjunta dos quatro experimentos, verifica-se que em três deles a aplicação foliar do Mo aumentou a produção da soja. As doses mais proveitosas foram de 76 a 100 g/ha, praticamente as mesmas que possibilitaram a Berger et al. (5) obterem as mais altas produções de feijão (*Phaseolus vulgaris*) nos mesmos municípios do presente estudo. Os aumentos (20 a 32%) conseguidos só com o Mo na soja foram, entretanto, modestos quando comparados aos obtidos na cultura do feijão: por vezes mais de 100% (1, 5, 13). Ressalte-se que

quando houve efeito conjunto do N e do Mo, como ocorreu em Coimbra, em 1996/97, a produção da soja subiu mais de 60%. Outros autores (10, 11, 12, 14, 15) obtiveram, na cultura da soja, aumentos de rendimento, por ação da adubação molíbdica, que variaram de 22 a 29%. A maior resposta do feijão à aplicação de Mo já havia sido ressaltada por Jacob-Neto e Franco (9).



Somente no experimento de 1996/97, em Coimbra, a nodulação radical foi fraca, o que explicaria o efeito do N observado. Entretanto, no mesmo ano agrícola, em Viçosa, somente o N teve efeito, embora de modo relativamente modesto, apesar da boa nodulação. Nos experimentos de 1995/96, não houve efeito da adubação nitrogenada aparentemente porque os rizóbios conseguiram torná-la dispensável.

Quanto aos modos de aplicação do Mo (nas folhas ou nas sementes), os quatro experimentos mostraram que não houve diferença de efeito ou a aplicação nas sementes foi algo mais eficiente. Trabalhando com feijão, Berger et al. (6) constataram que, para o cultivar Ouro, a aplicação foliar do Mo foi mais vantajosa que o seu emprego nas sementes, enquanto para o cv. Ouro Negro não houve diferença. Assim, parece que a eficiência de um ou outro método depende também do cultivar. Os autores nacionais (10, 11, 12, 14, 15) que obtiveram sucesso com a adubação molíbdica da soja aplicaram o micronutriente por intermédio das sementes, por vezes

não obtendo efeito significativo sobre o rendimento, podendo-se supor que as altas doses aplicadas (100 a 400 g/ha de Mo) e (ou) a sua utilização talvez prematura sejam responsáveis por tal resultado.

Teor de proteína nas sementes

Diferentemente dos resultados referentes à produtividade, os de teor de proteína nas sementes apresentaram médias muito semelhantes nos dois locais (Quadro 3). A análise de variância revelou que foram significativas as interações locais x tratamentos ($P < 0,01$), anos x tratamentos ($P < 0,05$) e locais x anos x tratamentos ($P < 0,01$).

Examinando experimento por experimento, verifica-se que em 1995/96, em Viçosa, houve influência significativa apenas do Mo, à semelhança do que ocorreu com o rendimento de grãos. O efeito do micronutriente foi quadrático ($\hat{Y} = 35,446 + 0,04495^{**} \text{Mo} - 0,0002725^{**} \text{Mo}^2$; $R^2 = 0,95$), com o teor máximo de proteína estimado (37,3 dag/kg) proporcionado por 82,5 g/ha de Mo, um incremento de 5,3% em relação à não-aplicação de Mo. Em dois locais no Paraná, Lantmann et al. (10) conseguiram com 30 g/ha de Mo, em solos com pH baixo, aumentos de 3 a 6% no teor de proteína nos grãos. É interessante assinalar que, no presente estudo, a dose estimada de Mo mais favorável para essa característica foi menor que a estimada para o mais alto rendimento: 100 g/ha.

QUADRO 3 – Teor de proteína bruta nos grãos (dag/kg), em Viçosa e Coimbra, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97

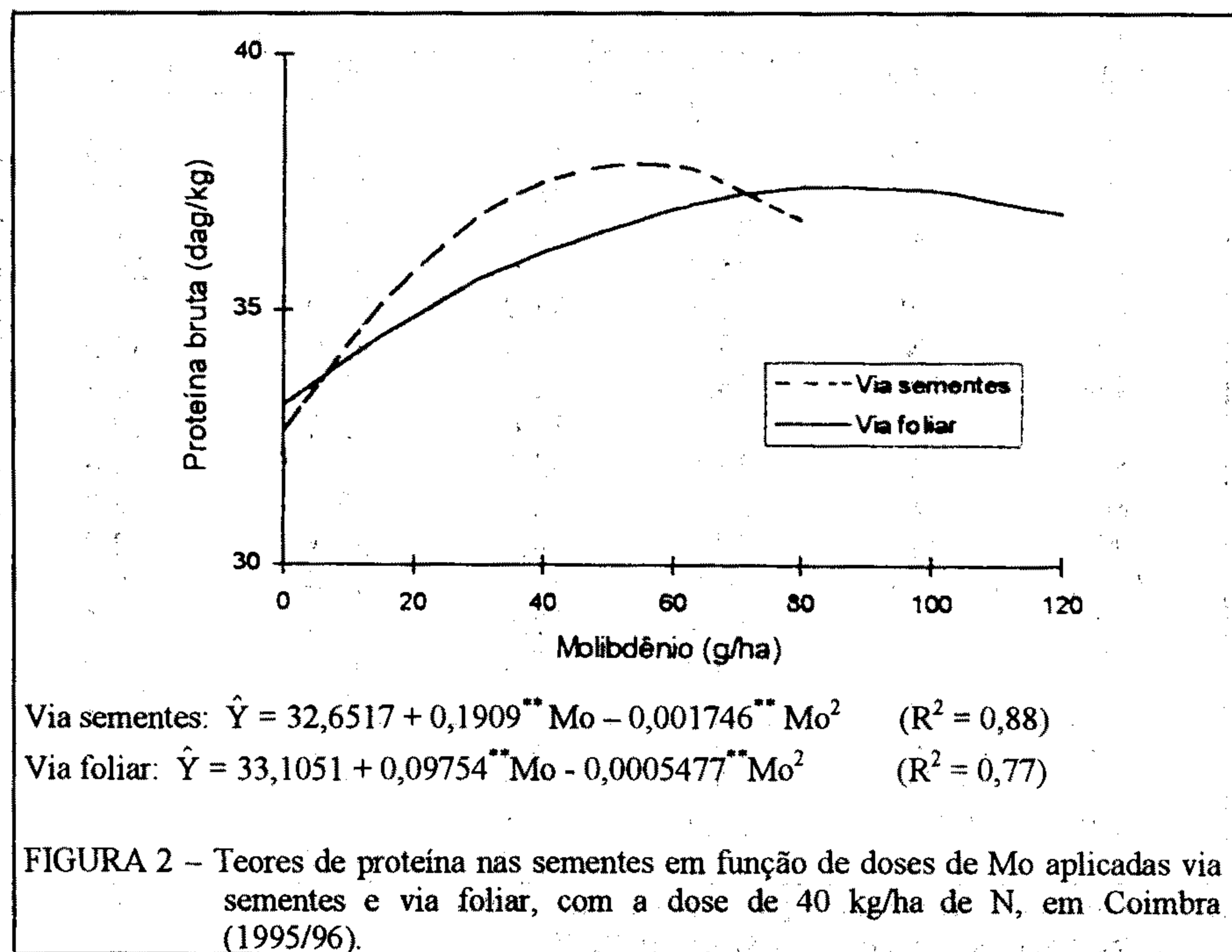
| N (kg/ha) | Mo (g/ha) | Viçosa | | Coimbra | |
|--------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1995/96 | 1996/97 | 1995/96 | 1996/97 |
| 0 | 0 | 35,7 | 33,7 | 32,5 | 30,0 |
| 0 | 40 | 37,8 | 33,5 | 36,6 | 33,8 |
| 0 | 80 | 37,4 | 32,7 | 37,4 | 35,1 |
| 0 | 120 | 37,3 | 33,5 | 36,4 | 34,8 |
| 40 | 0 | 35,3 | 31,6 | 32,2 | 28,4 |
| 40 | 40 | 37,3 | 31,9 | 36,9 | 34,1 |
| 40 | 80 | 37,1 | 32,3 | 36,0 | 33,5 |
| 40 | 120 | 36,3 | 32,9 | 38,0 | 34,7 |
| 80 | 0 | 34,5 | 31,6 | 32,2 | 29,2 |
| 80 | 40 | 35,6 | 32,1 | 36,5 | 33,6 |
| 80 | 80 | 37,7 | 32,3 | 37,1 | 32,3 |
| 80 | 120 | 37,0 | 34,6 | 37,1 | 32,7 |
| 120 | 0 | 36,0 | 32,3 | 35,4 | 29,5 |
| 120 | 40 | 37,4 | 32,8 | 38,6 | 33,5 |
| 120 | 80 | 36,0 | 35,6 | 36,8 | 31,6 |
| 120 | 120 | 37,4 | 34,2 | 38,0 | 33,9 |
| 40 (0) | 20 (40) (*) | 36,6 | 32,4 | 37,0 | 35,1 |
| 40 | 40 (*) | 35,8 | 32,5 | 36,9 | 34,1 |
| 40 (0) | 60 (80) (*) | 36,2 | 32,5 | 37,4 | 34,8 |
| 40 | 80 (*) | 35,2 | 32,7 | 37,1 | 33,5 |

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.
Entre parênteses, as doses usadas em 1996/97.

Na análise estatística dos tratamentos adicionais, acompanhou-se sempre o que foi feito com os dados de produção. Não houve, neste ensaio, diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, à semelhança do que ocorreu com a produtividade. Tampouco houve efeito significativo do modo de aplicação do Mo (nas folhas "versus" nas sementes) no tratamento $N_{40}Mo_{40}$, mas no $N_{40}Mo_{80}$ foi, significativamente ($P < 0,05$), 5,30% inferior quando aplicado nas sementes.

Em Coimbra, em 1995/96, houve efeito significativo do N e do Mo. Pela análise de regressão ($\hat{Y} = 32,6719 + 0,01083^{**} N + 0,09754^{**} Mo - 0,0005477^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,77$), a associação de 120 kg/ha de N com 89 g/ha de Mo por via foliar promoveu o máximo teor de proteína nas sementes (38,3 dag/kg). Tal combinação permitiu acréscimo de 17,3% em relação à não-aplicação de N e Mo. A aplicação do N teve efeito significativo sobre o teor de proteína nas sementes, mas não sobre o rendimento. O Mo afetou ambas as características, elevando-as ao máximo com dose muito semelhante: cerca de 90 g/ha.

Contrastando a aplicação do Mo nas folhas e nas sementes, por intermédio dos tratamentos adicionais, verifica-se que, com 40 kg/ha de N, o micronutriente nas sementes revelou-se método mais eficiente. Realmente, neste método atingiu-se o máximo teor de proteína (37,9 dag/kg) com 55 g/ha de Mo, enquanto a aplicação foliar exigiu 89 g/ha de Mo para alcançar o máximo de 37,4 dag/kg (Fig. 2).



Em 1996/97, em Viçosa, o teor de proteína nos grãos foi afetado de forma quadrática pelo N e de forma linear pelo Mo ($\hat{Y} = 33,3326 - 0,05136^{**} N + 0,0003495^{**} N^2 - 0,0005519 Mo + 0,0002232^{**} N Mo$; $R^2 = 0,73$), de sorte que o máximo (35,4 dag/kg) foi alcançado com o tratamento N₁₂₀Mo₁₂₀, representando um incremento de 6,1% em relação à não-aplicação de N e Mo.

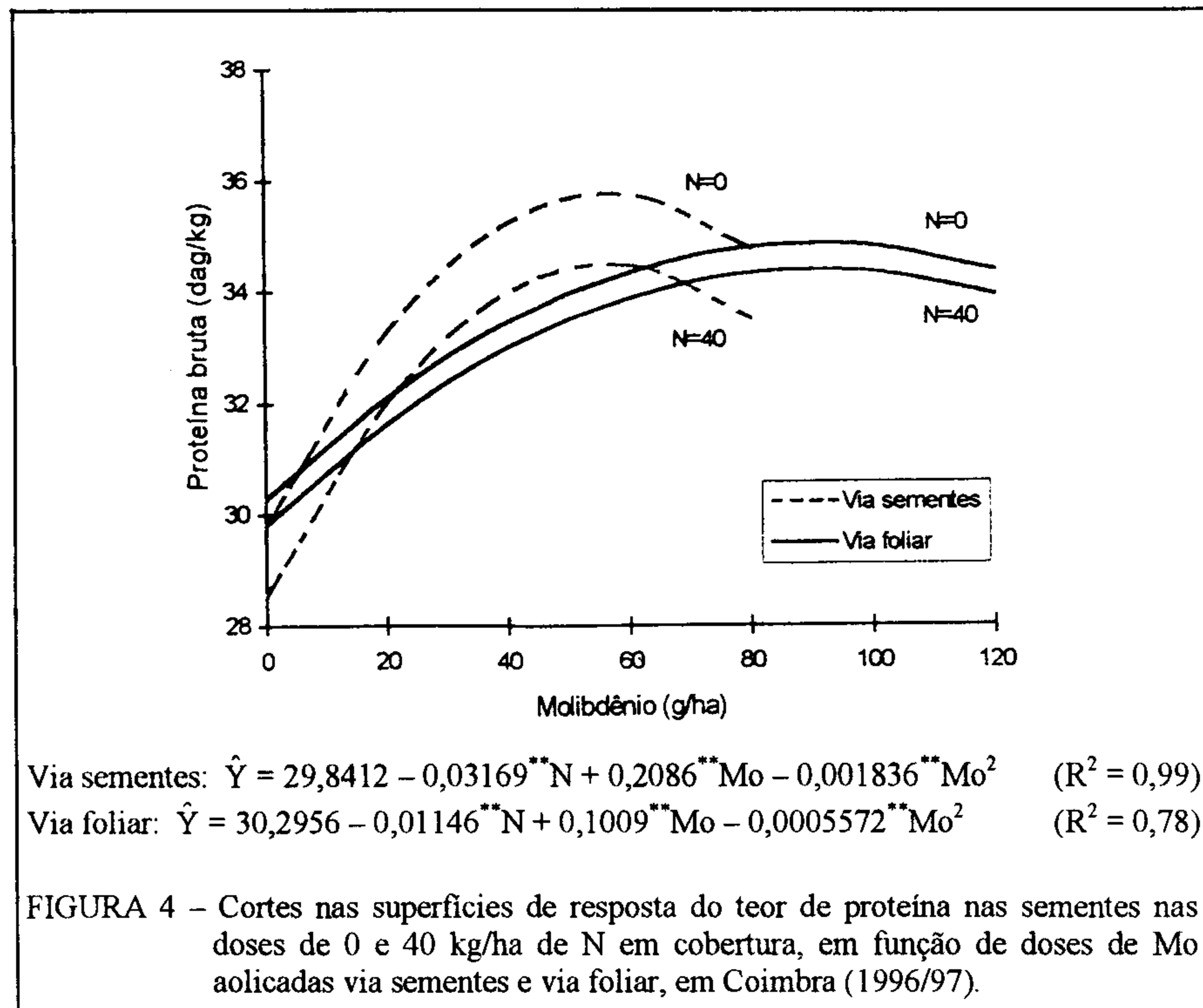
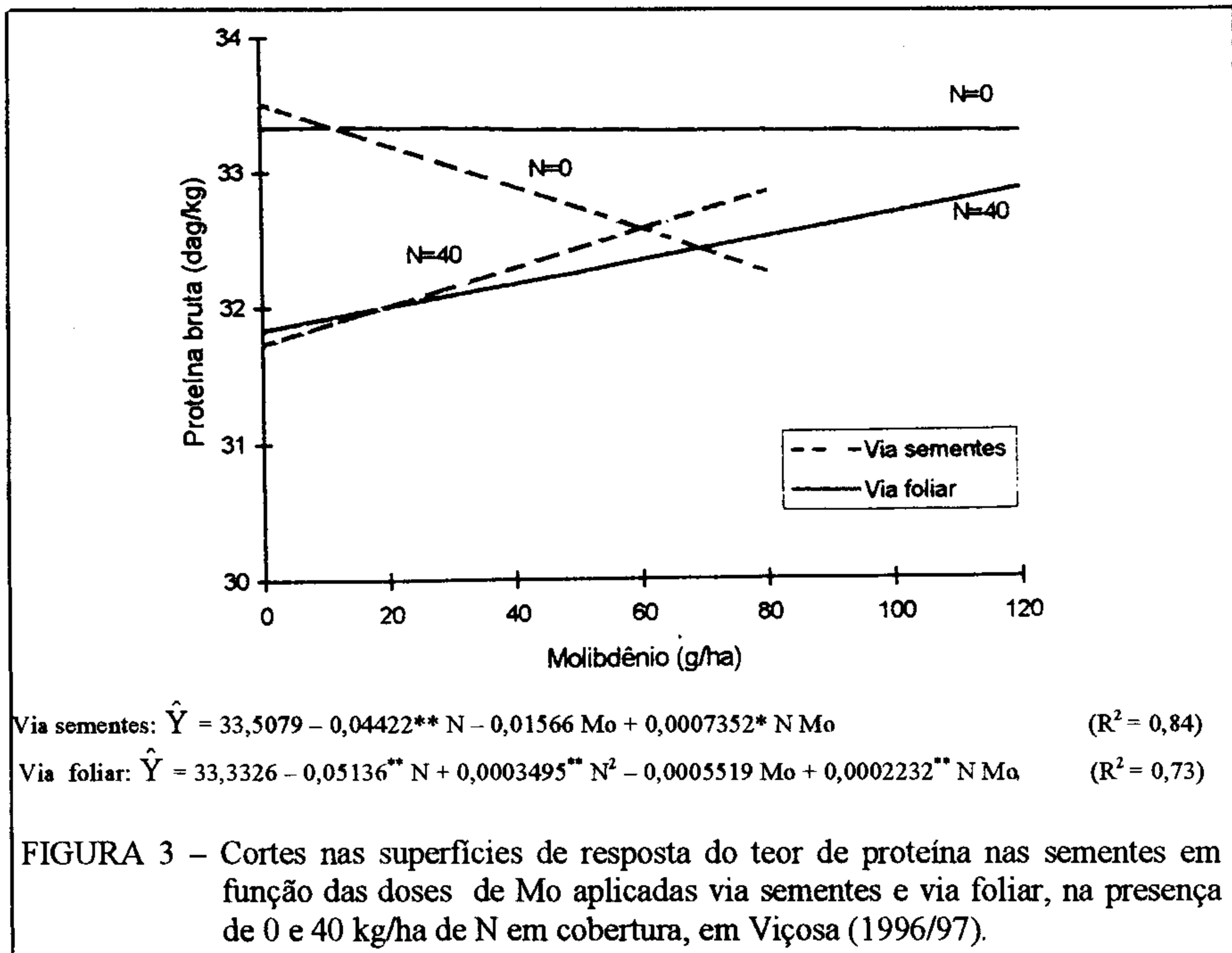
Quanto aos tratamentos adicionais, a análise estatística foi feita como fatorial, com a inclusão dos tratamentos N₀Mo₀ e N₄₀Mo₀ do fatorial principal (aplicação foliar do Mo). Pela análise de regressão ($\hat{Y} = 33,5079 - 0,04422^{**} N - 0,01566 Mo + 0,0007352^{*} N Mo$; $R^2 = 0,84$), o teor máximo de proteína nos grãos (33,5 dag/kg) foi atingido com a não-aplicação de ambos os nutrientes, e à medida que se aumentou a dose de Mo esse teor caiu, situação que tendeu a inverter-se com 40 kg/ha de N.

Comparando os dois modos de aplicação do micronutriente, observou-se que, com 0 kg/ha de N, decaiu o teor de proteína nos grãos com a aplicação via sementes; com a aplicação foliar, o teor manteve-se praticamente estável com as distintas doses de Mo. Com 40 kg/ha de N, os dois modos foram eficientes: 32,8 dag/kg com 80 g/ha de Mo nas sementes e 32,8 dag/kg com 120 g/ha de Mo nas folhas (Fig. 3). Portanto, a aplicação nas sementes foi algo mais eficiente, pois exigiu uma dose 33% menor para exercer o mesmo efeito. Não se encontrou uma explicação para o efeito depressivo das doses do Mo quando não se empregou N.

Em Coimbra, em 1996/97, o efeito do N foi linear e negativo, ao passo que o do Mo foi quadrático ($\hat{Y} = 30,2956 - 0,01146^{**} N + 0,1009^{**} Mo - 0,0005572^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,78$), alcançando-se um máximo de 34,9 dag/kg com 90,5 g/ha de Mo e 0 kg/ha de N, ou seja, um incremento de 15,2% em relação à não-aplicação de N e Mo.

O fatorial envolvendo os tratamentos adicionais foi analisado como o experimento de Viçosa. Constatou-se que 57 g/ha de Mo nas sementes, sem a aplicação de N, determinaram o máximo teor de proteína nos grãos (35,8 dag/kg), um aumento de 19,9% em comparação à não-aplicação de N e Mo ($\hat{Y} = 29,8412 - 0,03069^{**} N + 0,2086^{**} Mo - 0,001836^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,99$).

Confrontando as formas de aplicação do Mo, notou-se maior eficiência na aplicação nas sementes (Fig. 4). De fato, com a não-aplicação de N, o acúmulo de proteína nos grãos foi 2,6% superior com a aplicação do Mo nas sementes (dose 37% menor) em relação ao seu emprego por via foliar (57 g/ha de Mo \Rightarrow 35,8 dag/kg e 90,5 g/ha de Mo \Rightarrow 34,9 dag/kg, respectivamente). Com 40 kg/ha de N, os teores de proteína praticamente se igualaram (57 g/ha de Mo \Rightarrow 35,4 dag/kg e 90,5 g/ha de Mo \Rightarrow 34,4 dag/kg, respectivamente).



Fazendo o exame conjunto dos quatro experimentos, constata-se que, em todos eles, houve influência significativa do molibdênio. No caso do nitrogênio, houve influência em dois experimentos. Portanto, houve alguma semelhança com os resultados referentes à produtividade. A dose mais favorável de Mo, neste caso, foi de 82 a 120 g/ha, também muito semelhante à mais proveitosa para o rendimento. Outra similitude diz respeito ao modo de aplicação do Mo: ou não houve diferença ou a aplicação nas sementes foi mais proveitosa.

Grau de acamamento

As plantas sempre se mantiveram eretas, possivelmente devido ao espaçamento entre fileiras (0,60 m) e à pequena densidade na linha de plantio (cerca de 15 plantas por metro de sulco).

Altura das plantas

Considera-se que a altura ideal da soja, tendo em vista a colheita mecanizada, deva variar de 70 a 100 cm, tolerando-se, porém, até 50 cm em terrenos planos. Os resultados (Quadro 4) revelaram que apenas em 1996/97, em Coimbra, as plantas, em geral, não alcançaram 70 cm de altura. Nesse mesmo ano agrícola, em Viçosa, a maioria dos tratamentos permitiram que as plantas atingissem mais de 100 cm de altura.

A análise de variância conjunta dos dados mostrou que foram significativas ($P < 0,01$) as interações locais x anos e anos x tratamentos. Em 1995/96, houve efeito significativo ($P < 0,05$) do Mo, mas apenas em Coimbra. Em 1996/97, houve influência significativa ($P < 0,01$) do N e do Mo ($P < 0,05$) nos dois locais.

Em 1995/96, em Viçosa, não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos do fatorial principal (aplicação foliar do Mo) nem do fatorial envolvendo os tratamentos adicionais (aplicação de Mo nas sementes). Neles, a altura média da soja foi satisfatória: 80,5 e 78,5 cm, respectivamente. Em Coimbra, entretanto, o Mo teve efeito linear positivo ($\hat{Y} = 72,8688 + 0,03734^* \text{ Mo}$; $R^2 = 0,98$), e em apenas dois tratamentos do fatorial principal e dos adicionais a altura da soja não ultrapassou, mas aproximou-se, dos 70 cm: $N_0 \text{ Mo}_0$ e $N_{40} \text{ Mo}_{20}$, o último dos adicionais.

Em Viçosa, em 1996/97, o efeito do N foi quadrático e o do Mo, linear ligeiramente negativo ($\hat{Y} = 102,9000 + 0,1764^{**} \text{ N} - 0,0009961^* \text{ N}^2 - 0,02188^* \text{ Mo}$; $R^2 = 0,50$). Em geral, as plantas ultrapassaram 100 cm de altura, mas sem nenhum acamamento. Contrastando com Viçosa, em Coimbra poucos tratamentos produziram plantas com mais de 70 cm de

altura ($\hat{Y} = 56,3187 + 0,1252^{**} N + 0,08945 Mo - 0,0008691^{**} Mo^2$; $R^2 = 0,77$). Para alcançar tal altura, houve a necessidade de 120 kg/ha de N. Nos tratamentos adicionais, as plantas não atingiram 70 cm de altura, mesmo porque a dose máxima de N utilizada foi 40 kg/ha.

QUADRO 4 – Altura média das plantas (cm), em Viçosa e Coimbra, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97

| N (kg/ha) | Mo (g/ha) | Viçosa | | Coimbra | |
|--------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1995/96 | 1996/97 | 1995/96 | 1996/97 |
| 0 | 0 | 75,0 | 105,0 | 66,0 | 51,5 |
| 0 | 40 | 79,2 | 99,2 | 76,0 | 55,7 |
| 0 | 80 | 76,0 | 101,2 | 71,5 | 60,0 |
| 0 | 120 | 80,5 | 100,0 | 77,0 | 52,5 |
| 40 | 0 | 80,5 | 109,5 | 80,2 | 66,7 |
| 40 | 40 | 80,5 | 105,0 | 71,7 | 61,5 |
| 40 | 80 | 80,0 | 112,0 | 76,5 | 66,5 |
| 40 | 120 | 82,5 | 104,2 | 80,5 | 65,7 |
| 80 | 0 | 81,2 | 113,5 | 76,0 | 66,7 |
| 80 | 40 | 81,5 | 105,5 | 72,5 | 66,7 |
| 80 | 80 | 79,2 | 112,7 | 76,5 | 67,0 |
| 80 | 120 | 81,5 | 103,0 | 75,0 | 63,0 |
| 120 | 0 | 81,0 | 109,7 | 73,5 | 71,2 |
| 120 | 40 | 80,2 | 105,0 | 72,0 | 77,2 |
| 120 | 80 | 84,2 | 107,0 | 76,5 | 71,0 |
| 120 | 120 | 84,0 | 112,7 | 80,2 | 66,0 |
| 40 (0) | 20 (40) (*) | 78,5 | 97,0 | 67,7 | 52,5 |
| 40 | 40 (*) | 78,7 | 109,0 | 75,5 | 60,7 |
| 40 (0) | 60 (80) (*) | 77,0 | 105,0 | 72,0 | 64,5 |
| 40 | 80 (*) | 78,2 | 99,5 | 75,2 | 65,2 |

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.
Entre parênteses, as doses usadas em 1996/97.

Altura da primeira vagem

Para a colheita mecanizada, também é importante a altura de inserção da primeira vagem. Considera-se como ideal a altura mínima de 15 cm, mas tolera-se a mínima de 10 cm em terrenos planos. Contrastando com a altura das plantas, quase sempre satisfatória, a da primeira vagem sempre esteve aquém do desejável (Quadro 5), se se considerar a topografia reinante na Zona da Mata de Minas Gerais. Possivelmente, trata-se de uma característica do cultivar empregado no estudo (CAC-1).

A análise de variância conjunta de 1995/96 revelou que houve efeito significativo ($P < 0,01$) apenas de locais, porém a de 1996/97 revelou que

foram significativos os efeitos de locais ($P < 0,01$), tratamentos ($P < 0,05$) e interação locais x tratamentos ($P < 0,05$).

Em Viçosa, nos dois anos, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos do fatorial principal (aplicação foliar do Mo) nem dos tratamentos adicionais (aplicação de Mo nas sementes) sobre a altura de inserção da primeira vagem.

Em Coimbra, em 1995/96, essa altura diminuiu linearmente com a aplicação foliar do Mo e aumentou linearmente com as doses de N ($\hat{Y} = 5,7781 + 0,009313^{**} N - 0,007750^{*} Mo$; $R^2 = 0,49$), mas sempre manteve-se bem abaixo do desejável. A aplicação do Mo nas sementes não mudou a situação.

QUADRO 5 – Altura da primeira vagem (cm), em Viçosa e Coimbra, nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97

| N (kg/ha) | Mo (g/ha) | Viçosa | | Coimbra | |
|--------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1995/96 | 1996/97 | 1995/96 | 1996/97 |
| 0 | 0 | 9,5 | 8,7 | 5,0 | 6,6 |
| 0 | 40 | 9,0 | 6,9 | 5,0 | 6,7 |
| 0 | 80 | 9,3 | 8,6 | 5,9 | 7,0 |
| 0 | 120 | 9,3 | 9,0 | 5,6 | 6,4 |
| 40 | 0 | 9,5 | 8,7 | 6,4 | 10,0 |
| 40 | 40 | 8,8 | 8,3 | 5,6 | 8,6 |
| 40 | 80 | 9,6 | 9,2 | 5,9 | 10,3 |
| 40 | 120 | 9,3 | 8,4 | 4,3 | 7,5 |
| 80 | 0 | 9,3 | 7,9 | 6,9 | 10,6 |
| 80 | 40 | 10,1 | 6,7 | 6,6 | 9,0 |
| 80 | 80 | 9,2 | 8,4 | 5,3 | 10,2 |
| 80 | 120 | 9,7 | 8,2 | 5,5 | 8,0 |
| 120 | 0 | 8,9 | 7,9 | 7,3 | 11,3 |
| 120 | 40 | 9,2 | 7,7 | 5,7 | 12,3 |
| 120 | 80 | 9,0 | 7,8 | 6,9 | 8,9 |
| 120 | 120 | 9,2 | 6,6 | 5,9 | 8,7 |
| 40(0) | 20 (40) (*) | 9,2 | 8,2 | 5,3 | 6,7 |
| 40 | 40 (*) | 9,4 | 7,1 | 5,8 | 6,7 |
| 40 (0) | 60 (80) (*) | 9,8 | 7,4 | 5,5 | 10,4 |
| 40 | 80 (*) | 10,0 | 7,2 | 4,8 | 9,4 |

(*) Tratamentos adicionais em que o Mo foi aplicado nas sementes e não nas folhas.
Entre parênteses, as doses usadas em 1996/97.

Em 1996/97, em Coimbra, o efeito do N e do Mo foi semelhante ao observado no ano anterior ($\hat{Y} = 8,0925 + 0,02800^{**} N - 0,01475^{**} Mo$; $R^2 = 0,67$), com a diferença de as primeiras vagens ficarem algo mais altas, sobretudo com 120 kg/ha de N. A aplicação do Mo nas sementes (tratamentos adicionais) não melhorou a altura da primeira vagem.

É interessante assinalar que em Viçosa (1996/97) as plantas atingiram alturas bem superiores às do ano anterior (Quadro 4), mas, a despeito disso, a altura da primeira vagem foi inferior em 1996/97. Da mesma forma, em Coimbra, em 1996/97, as plantas ficaram mais baixas que em 1995/96, porém exibiram inserções da primeira vagem mais elevadas. Não se encontrou explicação para essa relação inversa.

REFERÊNCIAS

1. AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A. & ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. Rev. Ceres 41:202-16, 1994.
2. AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R.F. & ARAÚJO, G. A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. Rev. Bras. Ci. Solo. 23:643-50, 1999.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analyses. Washington, 1970. 1.015 p.
4. BELLINTANI NETO, A.M. & LAM-SÁNCHEZ, A. Efeito do molibdênio sobre a nodulação e produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Científica 1:13-7, 1974.
5. BERGER, P.G.; VIEIRA, C. & ARAÚJO, G.A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. Pesq. Agropec. Bras. 31:473-80, 1996.
6. BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A. & CASSINI, S.T.A. Peletização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com carbonato de cálcio, rizóbio e molibdênio. Rev. Ceres 42:562-74, 1995.
7. DECHEN, A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, Q. A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura, 1º, Jaboticabal, 1988. Anais, Piracicaba, Potafos CNPq, 1991. p. 65-78.
8. GUPTA, U.C. & LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants and animals. Adv. in Agron. 34: 73-115, 1981.
9. JACOB NETO, J. & FRANCO, A.A. Adubação de molibdênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25º, Viçosa, 1995. Resumos expandidos, Viçosa, SBCS, 1995. p. 1213-5.
10. LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. & OLIVEIRA, M.C.N. de. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. Rev. Bras. Ci. Solo 13:45-9, 1989.
11. SANTOS, O.S. dos & ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. Rev. Centro Ci. Rurais 16:5-17, 1986.
12. TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; CAMPIDELLI, C. & DIAS, O.S. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa fertilidade. Pesq. Agropec. Bras. 28:253-6, 1993.
13. VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O. & ARAÚJO, G.A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. Rev. de Agric. 67:117-24, 1992.
14. VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C. & CASTRO, R.S.A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. Rev. Bras. Ci. Solo 8:349-52, 1984.
15. 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). Rev. Ceres 22:440-8, 1975.