

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E TEORES FOLIARES DESTES NUTRIENTE E DE CLOROFILA EM FEIJOEIRO⁽¹⁾

M. A. C. CARVALHO^(2,5), E. FURLANI JUNIOR⁽³⁾, O. ARF⁽³⁾,
M. E. SÁ⁽³⁾, H. B. PAULINO^(2,6) & S. BUZETTI⁽⁴⁾

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na região de Selvíria (MS) e teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação de N sobre o teor de clorofila e de N nas folhas do feijoeiro, bem como estabelecer correlações com a produtividade. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5, constituído pela combinação de três épocas de aplicação (15, 30 e 15 + 30 dias após a emergência) do fertilizante nitrogenado (uréia) em cobertura e em cinco doses (0; 35; 70; 105 e 140 kg ha⁻¹ de N). Avaliaram-se os teores de clorofila e N das folhas no florescimento pleno e a produtividade. A concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de N nas folhas e com a produtividade de grãos, e o medidor portátil de clorofila mostrou-se promissor para avaliar o estado nutricional do nitrogênio no feijoeiro.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris* L., uréia, adubação.

⁽¹⁾ Trabalho recebido para publicação em novembro de 2000 e aprovado em março de 2003.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista – FCAV-UNESP. Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira (SP). E-mail: carvalho@agr.feis.unesp.br; hbpaolino@agr.feis.unesp.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Fitotecnia e Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, FEIS/UNESP. E-mail: enes@agr.feis.unesp.br

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, FEIS/UNESP. E-mail: sbuzetti@agr.feis.unesp.br

⁽⁵⁾ Bolsista FAPESP.

⁽⁶⁾ Bolsista CAPES.

SUMMARY: *EFFECTS OF TIME AND LEVELS OF NITROGEN APPLICATION ON CHLOROPHYLL AND NITROGEN CONTENTS IN COMMON BEAN*

The effect of N applications (time and rates) on chlorophyll and N contents in bean leaves was evaluated and correlations among them and with the yield established. Carried out in the Selvíria region, State of Minas Gerais, Brazil, the experiment was set up in a completely randomized block design in a factorial 3 x 5 scheme. Treatments consisted in the combination of N (urea) application by side dressing at five levels (0, 35, 70, 105, and 140 kg ha⁻¹ of N) at three times (15, 30, and 15 + 30 days after plant emergence). Chlorophyll and N contents in leaves during the full flowering period were determined, as well as yields. All data were correlated to each other and to the N levels. The chlorophyll content presented a positive correlation with N leaf contents and with grain production. The portable chlorophyll meter proved its suitability as a tool to assess the nutritional state of N in bean plants.

Index terms: Phaseolus vulgaris L., urea, fertilization.

INTRODUÇÃO

O N é um elemento essencial às plantas e sua carência é observada em quase todos os solos, consistindo o critério de identificação da deficiência no aparecimento de uma clorose generalizada das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas, o que está relacionado com a participação do N na estrutura da molécula de clorofila.

No feijoeiro, a época de maior necessidade de N ocorre no florescimento pleno, razão por que a adubação nitrogenada deve ser realizada em cobertura, até o início do florescimento, com o objetivo de incrementar o número de vagens/planta, refletindo na produtividade. Miyasaka et al. (1963) recomendaram a aplicação do N em cobertura até 20 dias após a emergência (DAE), enquanto Rosolem (1987) propôs para maior aproveitamento do adubo, no máximo, até 36 DAE.

Arf et al. (1990) e Buzetti et al. (1990) não verificaram efeitos da aplicação parcelada de N sobre a produtividade. Por outro lado, Del Peloso et al. (1990) observaram efeito positivo na produtividade com a aplicação de parte do N na semeadura (10 kg ha⁻¹) e parcelamento do restante em cobertura (30 kg ha⁻¹) aos 25 DAE. Estudos realizados por Gerendás & Pieper (2001) indicaram ser possível monitorar o suprimento de N para as plantas, por meio de testes rápidos, como o do nitrato do pecíolo e a avaliação indireta do teor de clorofila. Como ele também participa da constituição da molécula de clorofila, a avaliação da necessidade de N pela planta poderia ser determinada pela mensuração indireta do teor de clorofila (Malavolta et al., 1997).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos de doses e épocas de aplicação de N sobre os teores foliares de N e clorofila e produtividade de grãos, bem como avaliar a possibilidade de utilização

do medidor de clorofila na determinação da deficiência de N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia - UNESP, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando coordenadas geográficas de 51 ° 22 ' de longitude Oeste e 20 ° 22 ' de latitude Sul e altitude de 335 m. O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso A moderado hipodistrófico álico caulinitico férrico, compactado, muito profundo moderadamente ácido (LVd)⁽⁷⁾. A precipitação média anual é de 1.370 mm, distribuída principalmente no período de outubro a janeiro e com déficit hídrico entre fevereiro e outubro, a temperatura média anual é de 23,5 °C e a umidade relativa do ar fica entre 70 e 80 % (média anual).

As características químicas do solo, cultivado tradicionalmente com milho, no verão, e feijão, no inverno, foram determinadas antes da instalação do ensaio, apresentando os seguintes valores: 5,3 de pH em CaCl₂; 25,0 g dm⁻³ de matéria orgânica; 18 mg dm⁻³ de P_{resina}; 2,2; 32,0; 15,0; 28,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente, de K, Ca, Mg, H + Al, e 64 % de saturação por bases (V).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, seguindo o esquema fatorial 3 x 5, totalizando 15 tratamentos, constituídos por três modos de aplicação (todo aplicado aos 15 DAE, todo aplicado aos 30 DAE e

⁽⁷⁾ CARVALHO, M.P. Comunicação pessoal. 2000. (Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural – UNESP, Ilha Solteira-SP).

dividido em metade aos 15 e o restante aos 30 DAE) e cinco doses de N (0; 35; 70; 105 e 140 kg ha⁻¹ de N) aplicadas em cobertura, procurando incluir limites inferiores e superiores de classes de resposta a N preconizados para o estado de São Paulo por Ambrosano et al. (1997).

Todos os tratamentos receberam a aplicação, na semeadura, de 230 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16, de acordo com os limites superiores indicados por Ambrosano et al. (1997). Utilizou-se o sistema de semeadura direta do cultivar de feijão IAC Carioca em um solo recoberto com palhada de milho em 25/05/99, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 12 sementes viáveis por metro de sulco. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 5 m, sendo consideradas, como área útil, as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades.

Foram realizadas as seguintes avaliações: (a) teor de clorofila nas folhas: por ocasião do florescimento pleno, efetuou-se a leitura indireta de clorofila, com o aparelho Minolta SPAD-502, na primeira folha completamente desenvolvida, média de 10 leituras por folíolo, em cinco plantas/parcela. Os dados de leitura foram transformados em teor de clorofila pela equação $\hat{y} = -0,152 + 0,0996x$ (Barnes et al., 1992); (b) teor de N nas folhas: foi determinado usando-se as mesmas folhas coletadas após leitura de clorofila, que foram imediatamente destacadas e

acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 60-70 °C, por 72 h, moídas e submetidas à digestão sulfúrica, conforme método descrito em Malavolta et al. (1997); c) produtividade de grãos: em duas fileiras da área útil, de cada parcela, as plantas foram arrancadas e deixadas para secar em pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas à trilha manual, e a produção obtida foi convertida em kg ha⁻¹ (13 %, base úmida).

Os dados referentes ao teor de clorofila, de N e de produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância convencional, com as médias de épocas comparadas pelo teste de Tukey e médias de doses avaliadas por análise de regressão, ambas a 5 %. Foi verificada a correlação (r) entre a produtividade de grãos e o teor de N nas folhas, produtividade e o teor de clorofila nas folhas e teor de N nas folhas com o teor de clorofila nas folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1, estão apresentados os valores médios dos teores de N, de clorofila e produtividade de grãos de acordo com a época e doses de aplicação de N no feijoeiro, bem como o teste F para os valores médios, equações e desvio de regressão, além do coeficiente de variação (CV).

Quadro 1. Teores de nitrogênio e de clorofila e produtividade de grãos, considerando a época (dias após a emergência -DAE) e dose de nitrogênio em cobertura, em feijoeiro com semeadura direta. Selvíria (MS) 2000

Fator	Teor de N	Teor de clorofila	Produtividade
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻²	kg ha ⁻¹
Época de aplicação			
15 DAE	38,35 a	3,31 b	1.740 a
30 DAE	40,19 a	3,49 ab	1.788 a
15 + 30 DAE	38,41 a	3,69 a	1.869 a
Dose de N, kg ha ⁻¹			
0	28,31	2,87	1.083
35	38,24	3,54	1.679
70	42,58	3,64	1.809
105	42,31	3,58	2.146
140	43,46	3,85	2.279
		F	
Época de aplicação	0,60 ^{ns}	4,39*	2,06 ^{ns}
Doses	13,10**	10,37**	64,43**
Época de aplicação * doses	0,92 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Regressão linear	36,81**	9,56*	240,00**
Regressão quadrática	10,92**	0,60 ^{ns}	10,83**
Desvio de regressão	0,82 ^{ns}	2,08 ^{ns}	3,45*
C.V. (%)	15,44	11,36	11,23

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. *, ** e ^{ns}: Significativos a 1 e 5 % pelo teste F e não-significativo.

A época de aplicação de N não influenciou significativamente o teor de N nas folhas; contudo, houve efeito significativo das doses de N aplicadas. À medida que se aumentou a dose de N aplicado ao solo, em cobertura, houve incremento no teor de N nas folhas, sendo o teor máximo alcançado na dose de 108 kg ha⁻¹ de N (Figura 1), o que também foi verificado por Bassan et al. (1999), trabalhando com cultivares do mesmo grupo e em condições semelhantes de clima e solo.

No presente estudo, foram obtidos valores para N-foliar de 28,31 (testemunha) até 43,46 g kg⁻¹ (140 kg ha⁻¹ de N), o que está de acordo com os relatos de Trani et al. (1983), Ambrosano et al. (1997) e Malavolta (1997), que consideram o valor de 30 g kg⁻¹ como o mínimo adequado para feijoeiro. Tal fato pode ser comprovado no presente estudo, uma vez que, com a adição de 35 kg ha⁻¹ de N, verificou-se um incremento de cerca de 10 g kg⁻¹ no N-foliar e 596 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos.

Com relação ao teor de clorofila, observou-se que a aplicação de N em uma única vez aos 15 DAE apresentou teor inferior somente à aplicação parcelada. Furlani Junior et al. (1996), estudando a aplicação de doses crescentes de N na cultura do feijoeiro, obtiveram teores de clorofila variando de 2,93 a 3,62 mg dm⁻², sendo estes próximos aos teores observados no presente trabalho (2,87 a 3,85 mg dm⁻²). Pode-se verificar um incremento no teor de clorofila com o aumento das doses de N (Figura 2), comportamento este que também foi verificado por Furlani Junior et al. (1996).

Para a produtividade de grãos, a época de aplicação de N não teve efeito significativo, concordando parcialmente com os resultados de Arf et al. (1990) e Buzetti et al. (1990). Verificou-se que o rendimento máximo seria alcançado com a dose superior a 140 kg ha⁻¹ (Figura 3). Tais resultados são

contrastantes com aqueles obtidos para teor máximo de N nas folhas com 108 kg ha⁻¹ de N (Figura 1), evidenciando a necessidade de estabelecimento de uma marcha de absorção do nutriente e verificação da migração do N para diferentes partes da planta, principalmente no caso do plantio direto.

No sistema de plantio convencional, Silva et al. (1999), Soratto et al. (1999) e Bassan et al. (1999) obtiveram um efeito semelhante da dose de N aplicada sobre a produtividade, tendo estes autores verificado o máximo rendimento com a dose de 78,5 e 90 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Esse fato reforça a idéia da necessidade de doses maiores em semeadura direta, o que está intimamente relacionado com a decomposição dos restos de cultura do milho, com alta relação C/N, competindo, portanto, com o feijão, principalmente nos estádios iniciais do desenvolvimento.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de estabelecimento de vários momentos de amostragem durante o ciclo da planta para detecção das variações de teores foliares de clorofila e sua correlação com os teores foliares de N, considerando as variações ocasionadas pela decomposição da palhada.

Verifica-se que o teor de N nas folhas e o teor de clorofila apresentam relação com a dose de N aplicada ao solo, evidenciando a possibilidade de utilizar o medidor de clorofila, para indicar quais as doses de N deverão ser aplicadas à cultura, a fim de manter teores adequados de N nas folhas de acordo com o teor de clorofila, como já relataram Furlani Junior et al. (1996), demandando trabalhos específicos para recomendação como instrumento de campo para o agricultor.

Esse fato é justificado ainda pela correlação significativa e positiva ($r = 0,96^{**}$) entre os teores de N e o teor de clorofila nas folhas. Na figura 4, observa-se a relação entre os teores de clorofila e de

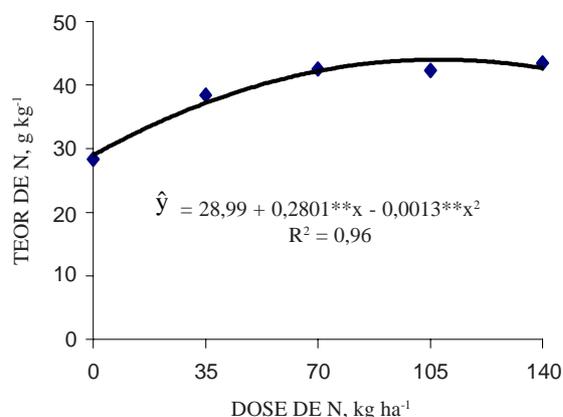


Figura 1. Teor de nitrogênio nas folhas de feijoeiro, no florescimento pleno, em função da dose de nitrogênio. ** significativo a 1%, pelo teste F.

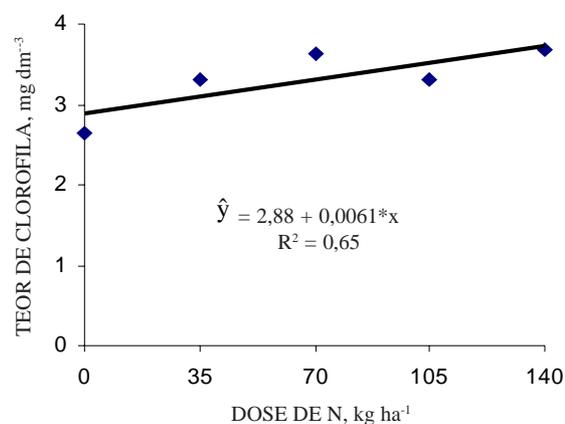


Figura 2. Teor de clorofila nas folhas de feijoeiro, no florescimento pleno, em função da dose de nitrogênio. * significativo a 5%, pelo teste F.

N nas folhas, que foi positiva entre as duas variáveis. Esse comportamento indica que, à medida que aumentam os teores de N nas folhas, o teor de clorofila aumenta proporcionalmente. Tais resultados são concordantes com aqueles obtidos por Furlani Junior et al. (1996) e com os obtidos por Caires & Rosolem (1999), ao estudarem, respectivamente, doses de N em feijoeiro e efeitos da calagem, do cobalto e do molibdênio sobre a concentração de clorofila nas folhas de amendoim.

A produtividade de grãos correlacionou-se com o teor de N nas folhas ($r = 0,87^{**}$), e com o teor de clorofila ($r = 0,90^{**}$). Isto indica que tanto os teores de N como os de clorofila nas folhas, no florescimento pleno, podem ser utilizados para estimar a produtividade da cultura.

Como foi verificado no presente trabalho, há boas perspectivas de detectar deficiências de N com o auxílio do clorofilômetro Minolta SPAD502, bem como a viabilidade de se corrigir adequadamente a carência de N com base nessas leituras. Como vantagem adicional, essa técnica pode fornecer informação de forma rápida e eficaz. Propõe-se sejam

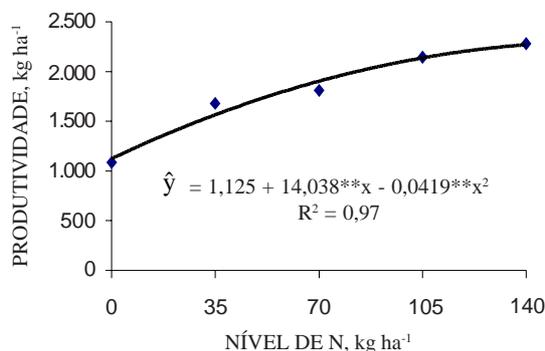


Figura 3. Produtividade de grãos de feijão, em função do nível de nitrogênio. ** significativo a 1%, pelo teste F.

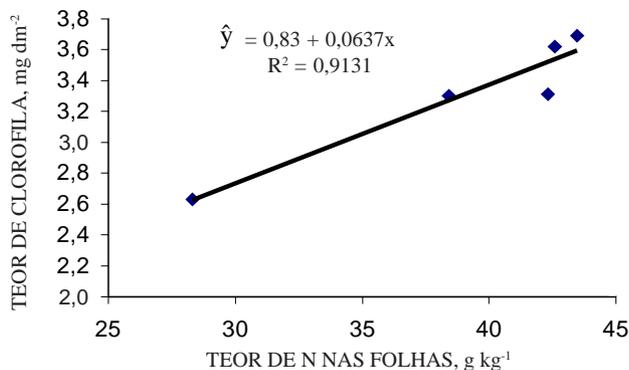


Figura 4. Relação entre a concentração de clorofila e o teor de nitrogênio nas folhas de feijoeiro, no florescimento pleno. ** significativo a 1% pelo teste F.

realizadas pesquisas adicionais, que possibilitem verificar o comportamento do teor de clorofila e de N nas folhas ao longo do ciclo da cultura, com vistas em estimar doses de N a serem aplicadas para corrigir possíveis deficiências e fornecer à cultura o nutriente em dose e época adequadas.

CONCLUSÕES

1. A concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de N nas folhas e com a produtividade de grãos.

2. O uso do medidor portátil de clorofila mostrou-se promissor para avaliar o estado nutricional de N no feijoeiro.

LITERATURA CITADA

- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação, 1997. p.189-203.
- ARF, O.; FERNANDES, F.M. & JACOMINO, A.P. Comparação de fontes e doses de adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., Vitória, 1990. Resumos. Vitória, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990. p.225.
- BARNES, J.D.; BALGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S. & DAVISON, A.W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environ. Exper. Bot.*, 32:85-100, 1992.
- BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B. & CARVALHO, M.A.C. Efeito da inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no período de inverno. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. Resumos expandidos. Santo Antonio de Goiás, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. p.785-787.
- BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; KATAQUE, R.F.; TAMAKI, K.; FRANCO, L.G.B. & ARF, O. Efeito da adubação nitrogenada via solo e foliar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "carioca". In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., Vitória, 1990. Resumos. Vitória, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990. p.226.
- CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Efeitos da calagem, cobalto e molibdênio sobre a concentração de clorofila nas folhas de amendoim. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:79-84, 1999.

- DEL PELOSO, M.J.; MORAES, E.A. & DUTRA, L.G. Efeito do parcelamento da adubação em cobertura do feijoeiro de inverno com irrigação por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., Vitória, 1990. Resumos. Vitória, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990. p.221.
- FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L.J.; MOREIRA, J.A.A. & GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e doses de nitrogênio aplicados em feijoeiro. *Bragantia*, 55:171-175, 1996.
- GERENDÁS, J. & PIEPER, I. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. In: HORST, W.J.; SCHENK, M.K.; BÜRKERT, A.; CLAASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W.B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H.W.; RÖMHELD, V.; SATTELMACHER, B.; SCHMIDHALTER, U.; SCHUBERT, S.; WIRÉN, N.V. & WITTERNMAYER, L., eds. INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM, 14., Hannover 2001. Proceedings. Kluwer Academic Publishers, 2001 Plant Nutr., Develop. Plant Soil Sci., 92:716-717, 2001.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, 22:511-519, 1963.
- ROSOLEM, C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. Piracicaba, POTAFOS, 1987. 93p.
- SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; CHIDI, S.N.; ARF, O. & BUZETTI, S. Efeitos de doses e da época de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no período de inverno: I. características agronômicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. Resumos expandidos. Santo Antonio de Goiás, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. p.805-808.
- SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; CHIDI, S.N.; ARF, O. & BUZETTI, S. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. I – características agronômicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. Resumos expandidos. Santo Antonio de Goiás, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. p.854-857.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.G. Análise foliar: Amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargil, 1983. 18p.