

## EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO NA DENSIDADE DO COMPRIMENTO RADICULAR EM ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO<sup>1</sup>

Marliana Araújo de Sousa<sup>2</sup>, Maria Dolores Barbosa Lima<sup>2</sup>,  
Gustavo André Simon<sup>2</sup>, José Wéselli de Sá Andrade<sup>3</sup>

### ABSTRACT

EFFECT OF WATER STRESS  
IN THE ROOT LENGTH DENSITY IN BEAN  
GROWTH STAGES

A field experiment was conducted in Rio Verde, State of Goiás, Brazil, with bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Carioca Comum*, *Rudá*, and *Pérola* cultivars, to evaluate the development of bean cultivars by the establishment of irrigation suppression periods in different growing stages (vegetative, first flowering, full flowering, pod filling, and full maturity), under two depths of fertilizer incorporation (5 cm and 15 cm). The treatments were applied as randomized blocks, with thirty treatments and four repetitions. The root length density was evaluated at 0-10 cm and 10-20 cm. The *Carioca Comum* cultivar presented higher root length density at 0-10 cm, when fertilizer was incorporated at 15 cm, in all the irrigation suppression periods, except for the pod filling period. The *Pérola* cultivar presented higher root length density, when fertilizer was incorporated at 15 cm, in all irrigation suppression periods, except for full maturity. The cultivars showed higher root length density in the 0-10 cm sampling layer.

KEY-WORDS: Roots; water deficit; irrigation suppression; *Phaseolus vulgaris* L.

### RESUMO

Realizou-se, no Campus da Universidade de Rio Verde, GO, experimento com a cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando-se as cultivares *Carioca Comum*, *Rudá* e *Pérola*, com o objetivo de avaliar a densidade de comprimento radicular, estabelecendo-se períodos de supressão da irrigação, em diferentes estádios (vegetativo, pré-floração, plena floração, enchimento de vagens e final, ou maturação), sob duas profundidades de incorporação do adubo (5 cm e 15 cm). Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com trinta tratamentos, em quatro repetições. A densidade de comprimento radicular das cultivares foi avaliada em duas profundidades de coleta: 0-10 cm e 10-20 cm. A cultivar *carioca* apresentou maior densidade de comprimento radicular (0-10 cm), quando o adubo foi incorporado à profundidade de 15 cm, em todas as fases, exceto quando a supressão da irrigação ocorreu na fase de enchimento de grãos. A cultivar *Pérola* apresentou densidade de comprimento radicular superior, sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, em todas as épocas de supressão de irrigação, com exceção da maturação. As cultivares apresentaram maior densidade de comprimento radicular para a camada mais superficial de coleta (0-10 cm).

PALAVRAS-CHAVE: Raízes; déficit hídrico; supressão da irrigação; *Phaseolus vulgaris* L.

### INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos básicos de grande parte da população. Além de ser altamente protéico, rico em ferro e carboidratos, juntamente com o arroz, faz parte da dieta alimentar da maioria dos brasileiros. De acordo com dados da Conab (2007), o Centro-Oeste, no ano de 2006, contribuiu com 68,6 mil hectares de feijão de 3<sup>a</sup> safra, ou seja, feijão irrigado, sendo que Goiás participou com 56,9 mil hectares, com produtividade média de 2.730 kg ha<sup>-1</sup>.

A cultura do feijoeiro é muito sensível a condições climáticas e um dos modos de se suprir as necessidades da planta é a utilização da irrigação, sendo a mesma utilizada com maior frequência na época do inverno, quando o índice pluviométrico é baixo. No entanto, as diferenças genotípicas entre cultivares influenciam o desempenho destas plantas, quando submetidas a um déficit hídrico. Acredita-se que o mesmo, em determinado estágio de desenvolvimento da cultura, seja mais prejudicial, em comparação a outros, resultando em queda de produtividade, sendo este fato objeto de estudo.

1. Trabalho recebido em fev./2008 e aceito para publicação em fev./2009 (n° registro: PAT 3401).
2. Universidade de Rio Verde (Fesurv), Fazenda Fontes do Saber, Cx. Postal 104, CEP 75.901-970, Rio Verde, GO.  
E-mails: [marliana@ibest.com.br](mailto:marliana@ibest.com.br), [lima@fesurv.br](mailto:lima@fesurv.br), [simon@fesurv.br](mailto:simon@fesurv.br).
3. Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde (CEFET-RV), Rod. Sul Goiana, Km 01, Cx. Postal 55, CEP 75.901-970, Rio Verde, GO. E-mail: [weselli@ibest.com.br](mailto:weselli@ibest.com.br).

Para Aidar et al. (2003), vários fatores interferem no crescimento do sistema radicular das plantas, destacando-se a espécie vegetal e as características genéticas da cultivar. O sistema radicular profundo é característica de cultivares tolerantes à seca. Outro aspecto, não menos importante para o desempenho satisfatório da cultura, é a profundidade de incorporação do adubo, principalmente os altamente salinos, como o cloreto de potássio. Em alguns estudos, este fertilizante ocasiona redução no estande de plantas, devido à sua interferência na germinação, além de influenciar negativamente o desenvolvimento do sistema radicular daquelas que conseguem germinar.

Considerando-se os órgãos da planta, as raízes são as menos estudadas, entendidas e apreciadas, pelo fato de não poderem ser vistas e, ainda, pelas dificuldades para o seu estudo (Hughes et al. 1992). São elas, contudo, que, além de servirem como suporte da planta, absorvem e translocam água e nutrientes, além de sintetizarem carboidratos. Por isto, devem receber especial atenção por parte dos pesquisadores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de feijão, submetidas a diferentes épocas de supressão de irrigação, sob duas profundidades de incorporação de adubo, na época de plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho a setembro de 2006, no município de Rio Verde, Goiás (17°47'53"S, 51°55'53"W e altitude média de 748 m). O clima do local é classificado, conforme Köppen, como Aw (tropical) e o relevo é suave ondulado (8% de declividade), com solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa (Embrapa 1999). As amostras para análise de solo foram retiradas da camada 0-20 cm. As análises química e textural (Tabela 1) foram realizadas conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997).

A correção do solo foi realizada no dia 01/05/2006, com o intuito de se elevar a saturação por bases a 60%, empregando-se o calcário dolomítico *filler*, com poder de neutralização de 94,48% e PRNT de 74,82%, equivalente a 1.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Os sulcos foram feitos manualmente, com enxada, a 5 cm e 15 cm de profundidade. A adubação no plantio foi de 420 kg ha<sup>-1</sup> de MAP e 40 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, realizada manualmente, e adubação de cobertura de 40 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, aos 25 dias após a emergência. O plantio do feijão foi realizado no dia 07/06/2006. As sementes foram distribuídas manualmente na linha de semeadura, para a obtenção da população de 311.111 plantas ha<sup>-1</sup>, e depositadas a 5 cm. As parcelas foram compostas por 4 fileiras, de 3,5 m de comprimento cada, sendo a parcela útil constituída pelas duas fileiras centrais (2,0 m x 0,90 m). O espaçamento entre as linhas de semeadura foi de 0,45 m e o número médio de plantas por metro linear foi de 15, sendo que, ao 8º dia após a emergência, realizou-se a contagem, permanecendo o *stand* final com 14 plantas por metro. A área de cada parcela foi de 6,3 m<sup>2</sup>.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, tendo nas parcelas os níveis de supressão da irrigação (vegetativo, pré-floração, plena floração, enchimento de grãos e testemunha, ou maturação) e nas subparcelas a combinação dos níveis de profundidade de incorporação do adubo (5 cm e 15 cm) e cultivares (Carioca, Pérola e Rudá).

O sistema de irrigação adotado foi o de aspersão convencional. Para a escolha do aspersor, determinou-se, conforme Bernardo (1987), a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) do solo, realizada em quatro repetições na área, obtendo-se VIB de 8,05 cm h<sup>-1</sup>. A lâmina aplicada foi determinada pela evaporação diária, medida através do tanque de evaporação "Classe A", localizado na estação meteorológica da Universidade de Rio Verde, visando a repor a quantidade de água perdida pela planta por evapotranspiração, usando-se o coeficiente de

Tabela 1. Caracterização química e textural do solo na camada 0-20 cm.

pH	Ca	K	Mg	Al	H+Al	K	P(Mellich)	M.O.	Argila	Silte	Areia
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	—Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —					—	Mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	— g dm <sup>-3</sup> —		
4,7	1,59	0,28	0,68	0,2	5	108	3,25	26,36	50	9	42

cultura (Kc), segundo a fase de desenvolvimento do feijoeiro, juntamente com valores da umidade relativa do ar e velocidade do vento no local (Tabela 2). O momento de aplicação da irrigação foi determinado quando o somatório da evapotranspiração da cultura atingia valores próximos a 16,4 mm, de acordo com a necessidade da cultura e a curva característica de umidade da área, em função da intensidade de aplicação dos aspersores, os quais forneciam vazão de 17,0 mm h<sup>-1</sup>.

Os coeficientes de cultura (Kc) usados no manejo da irrigação, para as fases de desenvolvimento, foram os propostos por Doorenbos & Kassam (1979): germinação – folhas primárias (V0-V2); primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada (V3-V4); pré-floração – formação de vagens (R5-R7); enchimento de grãos (R8); e maturação (R9), (Tabela 3).

A curva de retenção de água no solo foi realizada de acordo com Richards (Embrapa 1997), sendo utilizadas seis amostras por potencial. Foram aplicados potenciais de -0,06; -0,10; -0,33; -0,60; -1,0; e -15 atm, com o objetivo de simular um gradiente de umidade entre as amostras, obtendo-se, respectivamente, os seguintes teores de água (em %): 26; 24; 21; 20; 18,5; e 16.

A supressão da irrigação foi realizada nas seguintes datas, em função do número de DAE: fase vegetativa (06/07/2006); pré-floração (18/07/2006); plena floração (07/08/2006); enchimento de grãos (17/08/2006); e maturação ou testemunha (05/09/2006). A maturação correspondeu à testemunha, tendo sido irrigada durante todo o ciclo.

Foi analisada a densidade do comprimento radicular (cm cm<sup>-3</sup>), sob duas profundidades de coleta (0-10 cm e 10-20 cm), em plantas escolhidas aleatoriamente dentro das áreas úteis, em um total de quatro plantas por parcela. As amostras foram retiradas dois dias antes de se realizar a colheita, em duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm), representadas

Tabela 2. Dados climatológicos obtidos através da Estação Meteorológica da Universidade de Rio Verde, no período de julho a setembro de 2006.

Meses	Temperatura	Umidade	Precipitação	Evaporação do
	média do ar	relativa do ar		tanque "Classe A"
	°C	%	mm	mm
Julho	23,06	52,3	14,3	226,70
Agosto	24,77	45,0	23,0	259,20
Setembro*	22,33	53,0	2,4	21,10

\* Dados coletados até dia 10/09/2006.

Tabela 3. Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, de acordo com as lâminas de água aplicadas por aspersão.

Fases de desenvolvimento				
V0-V2	V3-V4	R5-R7	R8	R9
0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	1,05 – 1,20	0,65 – 0,75	0,25 – 0,30

Fonte: Doorenbos & Kassam (1979).

por uma amostra por profundidade em cada parcela, a 1,0 cm de distância do caule do feijoeiro, utilizando-se um anel com volume (290,47 cm<sup>3</sup>). A seguir, foram colocadas, individualmente, sobre uma peneira com malha de 10 mm, onde receberam jatos de água de torneira, a fim de separar o solo das raízes. Concluído o processo de lavagem, as raízes foram digitalizadas, com auxílio do programa Quant Root v.1,0 (adaptado de Amaral 2002), obtendo-se o comprimento das raízes. Para a obtenção da densidade de comprimento radicular, dividiu-se o comprimento radicular pelo volume do anel. As diferenças entre as médias foram avaliadas por meio do teste estatístico Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico Statistical Analysis Systems (1991).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Cultivar Carioca Comum*

Comparando-se a incorporação do adubo a 5 cm e 15 cm da superfície, percebe-se, pela Tabela 4, que a densidade de comprimento radicular (DCR1), na camada 0-10 cm, mostrou-se superior para a incorporação do adubo a 15 cm, em todas as épocas de supressão da irrigação, exceto para as épocas em que ocorreu supressão da irrigação nas fases de plena floração e enchimento de vagens, revelando que, quanto mais tempo foi mantida a irrigação, maior o desenvolvimento do sistema radicular da cultura.

A análise da densidade de comprimento radicular da camada de solo entre 10 cm e 20 cm (DCR2) e profundidade de incorporação de adubo a 5 cm mostra maior desenvolvimento nas épocas de supressão da irrigação no período vegetativo, pré-floração e plena floração, comparando-se a incorporação do adubo a 15 cm, revelando o aumento de raízes no perfil do solo sob estresse hídrico. Para Santos & Carlesso (1998), o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do solo.

Tabela 4. Densidade do comprimento radicular de 0 cm a 10 cm (DCR1) e densidade do comprimento radicular de 10 cm a 20 cm (DCR2), da cultivar Carioca Comum, em relação à supressão de irrigação e profundidades de incorporação do adubo.

Profundidades de incorporação do adubo	DCR1		DCR2		
	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm	
	cm cm <sup>-3</sup>				
Estádios	Vegetativo	0,45 cB*	0,79 cA	0,39bA	0,26cB
	Pré-floração	0,74 bcB	1,33 bA	0,49abA	0,46bA
	Plena floração	1,04 bA	1,12 bA	0,61aA	0,45bB
	Enchimento de grãos	1,71 aA	1,08 bcB	0,20cB	0,48bA
	Maturação	1,55 aB	2,16 aA	0,24cB	1,02aA

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste Tukey.

Analisando-se as médias de DCR1 e DCR2, para as profundidades de incorporação do adubo a 15 cm, percebeu-se que o comportamento do sistema radicular foi semelhante nas fases de supressão da irrigação na pré-floração, plena floração e enchimento de grãos, mostrando, dessa forma, a influência da profundidade de incorporação do adubo para o desenvolvimento do sistema radicular.

Comparando-se, ainda, as médias de densidade do sistema radicular nas duas profundidades de amostragem (0-10 cm e 10-20 cm), observaram-se resultados inferiores para amostras retiradas de 10 cm a 20 cm de profundidade, independentemente do estágio de supressão da irrigação e da incorporação do adubo, comprovando-se que a cultura do feijoeiro possui a maior parte do seu sistema radicular superficialmente (0-10 cm), embora, em condições muito favoráveis, as raízes do feijoeiro possam alcançar mais de um metro de profundidade. Andrade & Ramalho (1995) relatam que, em geral, de 75% a 87% das raízes situam-se até a profundidade de 20 cm. Guimarães et al. (2006), avaliando a adaptação do feijoeiro comum à seca, com duas cultivares (Carioca e RAB 96), concluíram que a cultivar Carioca possui melhor capacidade de recuperação hídrica, sendo, portanto, melhor adaptada à seca. Esses autores também observaram que essa cultivar apresentou maior quantidade relativa do sistema radicular, da superfície a 120 cm de profundidade.

#### Cultivar Rudá

A densidade do comprimento radicular, na camada 0-10 cm (DCR1), apresentou, para profundidade de incorporação do adubo a 5cm, comportamento semelhante, nas épocas em que foi

suprimida a irrigação, com exceção da época de maturação. Já na profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, o comportamento da densidade do comprimento de raiz foi semelhante para a época de supressão, no período vegetativo e pré-floração e também para as épocas de plena floração, enchimento de grãos e maturação. Comparando-se as duas profundidades, verificou-se aumento da densidade, à medida que se protelou a irrigação, exceto na fase de enchimento de grãos.

A densidade do comprimento radicular (DCR2), assim como ocorreu com a cultivar Carioca, avaliada na camada mais profunda (10-20 cm), apresentou médias inferiores, quando comparadas à camada 0-10 cm, denotando a presença de raízes do feijoeiro na camada mais superficial do solo. Resultados análogos foram obtidos com feijão irrigado por aspersão, onde a concentração das raízes deu-se na superfície do solo (Teixeira et al. 1992, Stone & Pereira 1994b).

Sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, para densidade de comprimento radicular de 10 cm a 20 cm, observou-se inconsistência, em função das diferentes épocas em que a irrigação foi suprimida (Tabela 5).

A incorporação do adubo a 5 cm proporcionou maiores densidades de comprimento das raízes, para as duas camadas de solo avaliadas na maturação. O que difere dos resultados encontrados por Kluthcouski & Stone (2003), é que eles, trabalhando com a cultivar Venezuela 350, em adubação aplicada nas camadas superficial e profunda, sem déficit hídrico, verificaram que a densidade de comprimento radicular foi semelhante, tanto para o adubo aplicado na camada superficial, como, também, na camada mais profunda.

Tabela 5. Densidade do comprimento radicular de 0 cm a 10 cm (DCR1) e densidade do comprimento radicular de 10 cm a 20 cm (DCR2), da cultivar Rudá, em relação à supressão de irrigação e profundidades de incorporação do adubo.

Profundidades de incorporação do adubo	DCR1		DCR2		
	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm	
	cm cm <sup>-3</sup>				
Estádios	Vegetativo	0,92 bA	0,84 bA	0,19 dB	0,56 abA
	Pré-floração	1,08 bA	0,94 bB	0,60 bA	0,46 bB
	Plena floração	1,18 bB	1,37 aA	0,73 abA	0,52 abB
	Enchimento de grãos	1,14 bB	1,27 aA	0,48 cB	0,62 aA
	Maturação	1,81 aA	1,42 aB	0,82 aA	0,48 bB

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste Tukey.

### Cultivar Pérola

A densidade do comprimento radicular, em amostras retiradas na camada 0-10 cm, para a cultivar Pérola, apresentou valores superiores àquelas retiradas entre 10 cm e 20 cm de profundidade, especialmente onde a incorporação do adubo se deu a 15 cm de profundidade, exceto no estágio de maturação, demonstrando que o sistema radicular da variedade Pérola também se concentra na camada mais superficial do solo (Tabela 6). A importância da irrigação fica evidenciada quando se compara o efeito do estresse hídrico nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, principalmente nas amostras retiradas da camada 0-10 cm, exceto para a fase de maturação.

A menor densidade do comprimento radicular (0-10 cm e 10-20 cm), sob disposição do adubo a 5 cm, pode ser explicada devido à proximidade da adubação às sementes. Resultados semelhantes foram verificados no desenvolvimento de raízes de

arroz de terras altas, irrigado, suplementarmente, por aspersão (Stone & Pereira 1994a) e de feijão (Stone & Pereira 1994b).

O maior desenvolvimento das raízes, para as densidades do comprimento radicular de 0-10 cm e 10-20 cm, na maturação, sem déficit hídrico, sob profundidade de disposição do adubo a 5 cm, difere dos resultados encontrados por Guimarães & Castro (1981) e Chaib et al. (1984), os quais verificaram melhor desenvolvimento radicular do feijoeiro, quando se efetuou adubação em maior profundidade, cerca de 10 cm abaixo das sementes, em relação à convencional, mais próxima das sementes.

Para Mallarino (1997), a adubação potássica mais profunda é particularmente importante nos anos em que ocorre deficiência hídrica, provavelmente por esta fonte apresentar alto índice salino. Acrescenta-se que o acúmulo superficial de nutrientes pode resultar em baixa absorção de P e K e, por consequência, em baixos rendimentos de colheita, especialmente quando a camada superficial do solo estiver seca.

Tabela 6. Densidade do comprimento radicular de 0 cm a 10 cm (DCR1) e densidade do comprimento radicular de 10 cm a 20 cm (DCR2), da cultivar Pérola, em relação à supressão de irrigação e profundidades de incorporação do adubo.

Profundidades de incorporação do adubo	DCR1		DCR2		
	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm	
	cm cm <sup>-3</sup>				
Estádios	Vegetativo	0,57 cA*	0,63 cA	0,39 bB	0,52 bA
	Pré-floração	0,68 cB	0,91 bcA	0,23 cB	0,57 bA
	Plena floração	0,82 bcB	1,09 bA	0,28 bcB	0,47 bA
	Enchimento de grãos	1,12 bB	1,48 aA	0,27 bcB	0,72 aA
	Maturação	1,90 aA	0,98 bB	0,73 aA	0,29 cB

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste Tukey.

## CONCLUSÕES

1. A cultivar Carioca Comum apresenta maior densidade do comprimento radicular, de 0 cm a 10 cm de profundidade no solo, quando o adubo é incorporado à profundidade de 15 cm, em todas as fases, exceto para enchimento de grãos.
2. A cultivar Pérola apresenta densidade do comprimento radicular superior, sob profundidade de incorporação do adubo a 15 cm, em todas as épocas de supressão, com exceção do estágio de maturação.
3. A maior densidade do comprimento radicular situa-se na camada mais superficial (0-10 cm), para as cultivares estudadas.

## REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. et al. *Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação*. Embrapa: Santo Antônio de Goiás, 2003. (Circular técnica, 60).
- AMARAL, J. F. T. *Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica*. 2002. 97 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- ANDRADE, M. J. B.; RAMALHO, M. P. A. Cultura do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Curso de atualização técnica dos engenheiros agrônomos do Banco do Brasil: módulo Sudeste*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 4. ed. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1987.
- CHAIB, S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO, L. H. S. M. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade da aplicação do adubo fosfatado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 817-822, 1984.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). *Central de informações agropecuárias*. 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 21 jun. 2007.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/ CNPS, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/ CNPS, 1999.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca: II. Produtividade e componentes agrônômicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 481-488, 2006.
- HUGHES, D. F.; JOLLEY, V. D.; BROWN, J. C. Role for potassium in the iron-stress response mechanism of iron-efficient oat. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 56, n. 3, p. 830-835, 1992.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Adubo: principais fatores que interferem no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no adubo. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 103, p. 5-11, 2003.
- MALLARINO, A. P. Manejo de fósforo e adubo y starters para maíz y soya en siembra directa. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., 1997, Mar del Plata. *Conferências...* [S.l.: s.n.], 1997. p. 11-19.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. *SAS System for linear models*. 3. ed. Cary: SAS Institute, 1991.
- STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1577-1592, out. 1994a.
- STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 939-954, jun. 1994b.
- TEIXEIRA, D. M. C.; MAIA, A. de H. N.; CORNAT, B. *Profundidade efetiva de raízes em feijoeiro irrigado*. Parnaíba: Embrapa-CNPAP, 1992. (Pesquisa em andamento, 17).