

# RESPOSTA DO FEIJOEIRO A DOSES DE FÓSFORO E LÂMINAS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO <sup>(1)</sup>

P. M. DA SILVEIRA<sup>(2)</sup> & J. A. A. MOREIRA<sup>(2)</sup>

## RESUMO

Foi realizado, por dois anos consecutivos (1987 e 1988) e em condições de campo, em um latossolo vermelho-escuro textura argilosa, no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), em Goiânia (GO), um ensaio para estudar a resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. As doses de fósforo corresponderam a 0, 25, 50, 100, 200 e 400kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e as lâminas totais de água a 204, 304, 388 e 447mm/ciclo, média dos dois anos de plantio, aplicadas segundo o sistema de "aspersão em linha". A produção de grãos e o conteúdo de fósforo na planta aumentaram com o incremento da dose de fósforo e da lâmina de água. Houve resposta mais acentuada sobre o rendimento de grãos pelo efeito das lâminas de água do que pelas doses de fósforo e, em baixa lâmina de água, a resposta à aplicação de fósforo foi pequena. Observou-se que um mesmo rendimento de grãos pode ser conseguido por diferentes combinações de doses de fósforo e lâminas de água.

**Termos de indexação:** adubação, nutrição, uso de água, produção.

## SUMMARY: COMMON BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) RESPONSES TO LEVELS OF PHOSPHORUS AND WATER

*An experiment was carried out for two years in a clayey Dark Red Latosol at the National Rice and Bean Research (CNPAF), in Goiânia, State of Goiás, Brazil, to study the effect of levels of phosphorus and water on common bean grain yield. The phosphorus levels were 0, 25, 50, 100, 200 and 400kg/ha of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and the water levels 204, 304, 388 and 447mm/cycle on the average of two years applied through the line source sprinkler system. The grain yield and phosphorus content in the plant increased with increasing levels of phosphorus and water. The effect of water levels in grain yield was greater than that of phosphorus levels. Indeed, the phosphorus response at low water levels was small. The same grain yields could be obtained with different combinations of levels of phosphorus and water in common bean.*

*Index terms:* fertilization, nutrition, water use, production.

## INTRODUÇÃO

O emprego da irrigação no plantio do feijão de inverno, em terras altas, na região Centro-Oeste, é uma técnica indispensável para assegurar a produção de

grãos. Nesse plantio, ainda são poucas as informações sobre os efeitos dos diferentes fatores de produção e suas interações. O solo é um sistema complexo no qual numerosos fatores funcionam interdependentemente, podendo promover um meio favorável para o desenvol-

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em junho de 1989 e aprovado em janeiro de 1990.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, EMBRAPA, Caixa Postal 179, 74001 Goiânia (GO).

vimento das plantas: a água e os nutrientes são os que limitam os rendimentos com maior frequência.

A baixa disponibilidade de fósforo (P), predominante na maioria dos solos das regiões tropicais e subtropicais, transforma esse elemento em objeto de frequentes estudos, que visam analisar os mecanismos reguladores do seu suprimento aos vegetais (Ruiz, 1986).

O processo de difusão é o principal mecanismo para o transporte de fósforo no solo (Barber, 1962; Olsen et al., 1962). Pesquisadores têm reportado valores de difusão do fósforo no solo e sua dependência de muitos fatores, entre eles a quantidade do elemento aplicado (Phillips et al., 1968) e o teor de água no solo (Olsen et al., 1962; Mahtab et al., 1971). Para manter uma razoável velocidade de difusão de P, deve-se incrementar-lhe a quantidade à medida que diminui o teor de água (Mahtab et al., 1971).

Tem sido demonstrado que a produção de grãos cresce com o aumento da quantidade de fósforo aplicada (Awad et al., 1982) e com o teor de água do solo (Frizzone et al., 1982) e que o conteúdo de P no tecido da planta se eleva com o aumento desses dois fatores (Bailey et al., 1983).

O presente estudo teve o objetivo de verificar o efeito de diferentes lâminas de água e de doses de fósforo aplicadas no solo, sobre o rendimento e conteúdo do nutriente no feijoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

No experimento, realizado em condições de campo, em latossolo vermelho-escuro textura argilosa, em 1987 e 1988, determinaram-se as características químicas e físicas das amostras do solo da área experimental, da camada de 0-20cm de profundidade (Quadro 1). Em 1988, o experimento foi instalado ao lado da área do anterior.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Plantou-se feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar EMGOPA 201-Ouro, procurando obter 240.000 plantas por hectare, população essa alcançada com o espaçamento de 0,50m entre linhas e doze plantas por

metro linear. Os plantios em 1987 e em 1988 foram feitos, respectivamente, em 26 e 10 de junho.

A adubação com fósforo foi realizada no sulco de plântio, utilizando-se as doses de 0, 25, 50, 100, 200 e 400kg/ha de  $P_2O_5$ , na forma de superfosfato triplo. As adubações com nitrogênio e potássio foram de, respectivamente, 50 kg/ha (20kg no plantio e 30kg em cobertura, 25 dias após a emergência) e de 70kg/ha, nas formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio.

A água foi aplicada segundo o sistema de "aspersão em linha" proposto por Hans et al. (1976), com os aspersores espaçados 6m em uma linha de tubos no meio do experimento. A sobreposição de jatos de água promoveu maior precipitação próximo à linha de aspersores e um gradiente decrescente ao longo da direção perpendicular à linha. Assim, as parcelas experimentais posicionadas nessa direção receberam diferentes lâminas de água de irrigação.

As parcelas tinham 3,0m de largura (seis linhas de feijão) por 15,0m de comprimento e correspondiam às doses de  $P_2O_5$ . As subparcelas, de 2,0 x 2,0m, em número de quatro por parcela, tinham o centro geométrico localizado a 2,0; 5,7; 9,4 e 13,1m ao longo do comprimento da parcela, e correspondiam às lâminas de água de irrigação L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>.

Foram utilizados aspersores Perrot tipo ZED-30 com diâmetro dos bocais de 6,0 x 9,5mm, operados na pressão de serviço de 3,5 atm e atingindo 19,0m de raio. As precipitações foram coletadas por pluviômetros (PL) colocados no centro geométrico da subparcela, em cada bloco experimental.

Os tratamentos de lâminas de água iniciaram-se dezessete dias após a emergência das plantas e corresponderam, no total, por tratamento, no ensaio de 1987, a L<sub>1</sub> = 416; L<sub>2</sub> = 354; L<sub>3</sub> = 277 e L<sub>4</sub> = 187mm, e, no de 1988, a L<sub>1</sub> = 477; L<sub>2</sub> = 421; L<sub>3</sub> = 331 e L<sub>4</sub> = 221mm de água.

Efetuiu-se o controle das irrigações por tensiômetros localizados nas subparcelas que recebiam a lâmina L<sub>1</sub>, uma unidade por repetição. As irrigações foram feitas quando a média das leituras dos tensiômetros instalados a 15cm de profundidade atingia o potencial de -0,03 MPa. Em parte do ciclo vegetativo da cultura, retiraram-se amostras de solo no perfil de 0-50cm, próximos aos pluviômetros PL<sub>1</sub> e PL<sub>4</sub>, coletores das lâminas L<sub>1</sub> e L<sub>4</sub>, em camadas de 10 em 10cm, para determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico.

No florescimento, no ensaio de 1988, coletaram-se, para análise química, amostras de plantas dos diferentes tratamentos. Acondicionadas em sacos de papel, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 70-75°C, por 72 horas, e passadas em moinho Wiley. Submeteram-se amostras de 0,2 grama do material à digestão nitroperclórica, utilizando-se alíquotas das soluções provenientes da digestão para determinação de fósforo, colorimetricamente, pelo método vanadato-molibdato de amônio.

Os dados de produção de grãos de cada ano foram submetidos à análise de variância. Obteve-se uma

Quadro 1. Características químicas e físicas do solo nos dois anos de plantio, da camada de 0-20cm de profundidade

Ano	pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (1)	P <sup>(2)</sup>	K <sup>+</sup> (2)	Argila	Silte	Areia
1987	5,3	3,8	6,5	100	60	12	28
1988	5,4	3,0	5,3	72	60	12	28

(1) Extrator KCl 1N. (2) Extrator de Mehlich.

função de produção, com as média dos dados obtidos nos dois anos, para a estimativa do rendimento de grãos em função das duas variáveis: doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 25, 50, 100, 200 e 400kg/ha) e lâminas de água de irrigação (L<sub>1</sub> = 447; L<sub>2</sub> = 388; L<sub>3</sub> = 304 e L<sub>4</sub> = 204mm de água por ciclo, média dos dois anos). O ajuste do modelo de superfície de resposta quadrática foi feito, utilizando-se o procedimento RSREG do Statistical Analysis System (SAS) (Versão 1985).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A figura 1 mostra o comportamento do teor médio de água do solo, média de 0-50cm de profundidade, durante parte do ciclo da cultura do feijão, decorrente da aplicação da maior (L<sub>1</sub>) e da menor (L<sub>4</sub>) lâmina de água, em 1987 e 1988. Como era esperado, o teor de água do solo foi condicionado pela lâmina de água, ou seja, maior lâmina de água aplicada implicou teor de água mais próximo da "capacidade de campo" (CC) do solo. O contrário aconteceu com a menor lâmina aplicada: o teor de água do solo aproximou-se do ponto de murchamento (PM). Evidentemente, esse comportamento teve efeito direto no rendimento da cultura nos dois anos de plantio.

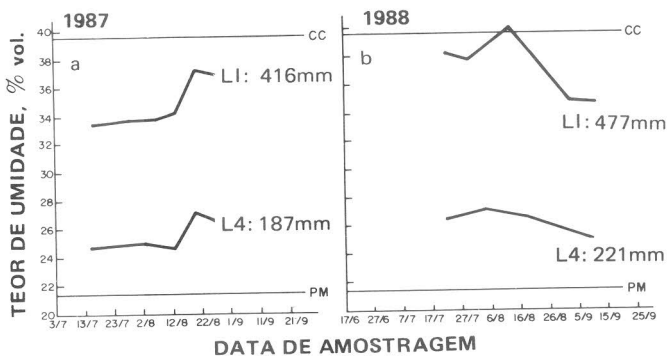


Figura 1. Comportamento do teor da umidade do solo durante parte do ciclo vegetativo da cultura de feijão, em 1987 e 1988, decorrente das diferentes lâminas de água aplicadas (L). CC = capacidade de campo; PM = ponto de murcha permanente.

Os valores médios do rendimento de grãos, em função das diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e lâminas de água, para 1987 e 1988, encontram-se no quadro 2: nota-se que houve diferença nos valores entre ambos os anos. Para a mesma dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada, as produtividades de feijoeiro foram, normalmente, maiores em 1988. Entre outros fatores, as maiores lâminas de água nesse ano podem justificar tal superioridade. Todavia, a mesma tendência de resposta de rendimento devido às duas variáveis foi observada nos dois anos de plantio.

Na análise de variância dos dados, observou-se, respectivamente, para 1987 e 1988, efeito significativo do fósforo (F = 15,50\* e 29,89\*), e da lâmina de água (F = 278,04\*\* e 138,08\*), e da interação fósforo e lâmina de água fósforo (F = 2,28\* e 2,24\*). Obteve-se uma função de produção, para a estimativa da produtividade de grãos em função das duas variáveis, dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (F) e lâmina total de água (L), considerando os valores médios de 1987 e 1988. A superfície de resposta é representada graficamente na figura 2, de acordo com a equação a seguir:

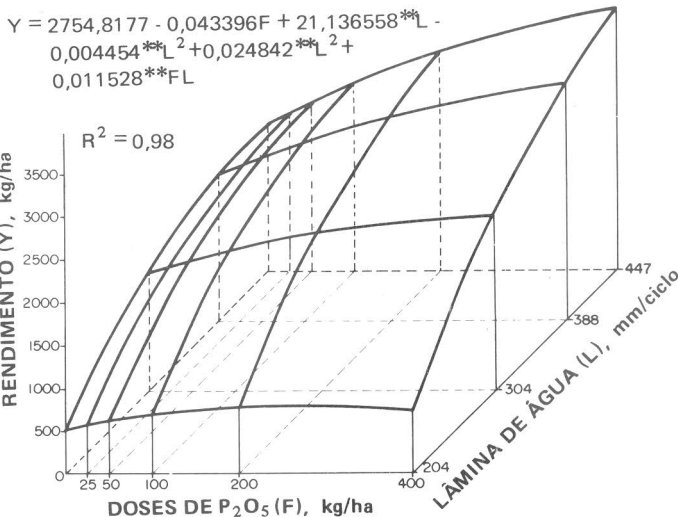


Figura 2. Rendimento do feijoeiro em função da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (F) e lâmina total de água (L).

\*\* , \* Significativos a 1 e 5% respectivamente, pelo teste t.

Quadro 2. Rendimento de grãos de feijão, em função das diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e lâminas de água aplicadas no solo, em 1987 e 1988

Ano	Lâmina de água mm/ciclo	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)					
		0	25	50	100	200	400
1987	187	466,8	554,1	608,5	580,0	658,0	565,6
	277	1.356,7	1.501,7	1.556,1	1.386,5	1.614,2	1.642,6
	354	1.449,4	1.608,5	1.838,6	1.761,1	1.899,0	2.127,6
	416	1.476,2	1.667,6	1.852,9	1.878,3	2.183,7	2.332,2
1988	221	510,3	665,4	747,2	709,2	876,6	1.028,1
	331	1.314,7	1.622,6	1.793,8	1.774,9	2.073,3	2.331,4
	421	1.750,8	1.954,7	2.343,6	2.252,9	2.998,8	3.515,3
	477	1.788,9	2.044,4	2.346,1	2.388,9	3.102,4	3.687,3

$$Y = -2754,8177 - 0,043396F + 21,136558^{**}L - 0,004454^{**}F^2 - 0,024842^{**}L^2 + 0,011528^{**}FL \quad (1)$$

$$R^2 = 0,98,$$

onde:

Y = rendimento de grãos, em kg/ha;

F = dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em kg/ha;

L = lâmina total de água, em mm;

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Verifica-se, na figura 2 que, para a mesma dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o rendimento de grãos de feijão foi crescente à medida que se aumentou a lâmina total de água aplicada. Os maiores rendimentos, ainda dentro de uma mesma dose de fósforo, foram conseguidos com a aplicação da lâmina de água de 447mm/ciclo. Os maiores teores de água do solo, condicionados por essa lâmina de irrigação durante os dois anos de estudo (Figura 1), podem justificar essa superioridade de rendimento. O aumento do rendimento de grãos com a elevação da lâmina de água aplicada também foi observada por Silveira et al. (1984) e Frizzone & Olitta (1987).

Com relação ao efeito do fósforo, observa-se que o rendimento de grãos cresceu com a dose de fósforo aplicada nas lâminas totais de água de 304, 388 e 447mm (Figura 2). Nessas lâminas, a resposta do feijoeiro ao fósforo foi maior na dose de 400kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Frizzone et al. (1982) também observaram resposta crescente do rendimento do feijoeiro à aplicação crescente de fósforo nas lâminas de água de 350, 450 e 485mm/ciclo. Na de 204mm, a resposta da cultura ao fósforo foi muito pequena. Pode-se inferir que essa baixa lâmina de água, que foi a média das lâminas L4 nos dois anos de plantio, promoveu um baixo teor de água no solo (Figura 1), o qual foi insuficiente para manter boa difusão de fósforo. Ruiz (1986), em estudo do efeito do conteúdo de água sobre o transporte de P em dois latossolos, verificou que a difusão do elemento nas amostras dos solos estudados respondeu mais ao teor de água que às doses de fósforo aplicadas. Isso está de acordo com os resultados deste estudo.

Na dose 0 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, os rendimentos de grãos foram relativamente altos nas lâminas de 304, 388 e 447mm, o que pode ser justificado pelo médio teor de fósforo já existente no solo (Quadro 1).

O quadro 3 mostra os valores médios do conteúdo de fósforo na planta, no plantio de 1988, em função dos tratamentos. Verificou-se efeito significativo, na análise de variância, dos tratamentos (fósforo F = 35,54<sup>\*\*</sup>; água, F = 13,47<sup>\*\*</sup>) e da interação entre ambos (F = 18,49<sup>\*\*</sup>) sobre a referida variável. As doses de fósforo e as lâminas de água tiveram efeito sobre o conteúdo de fósforo na planta similar ao efeito sobre a

Quadro 3. Valores médios do conteúdo de fósforo, em função de diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e lâminas de água aplicadas no solo em 1988

Lâmina de água	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)					
	0	25	50	100	200	400
mm/ciclo	mg/planta					
221	3,4	3,7	5,1	6,5	8,8	10,9
331	5,0	6,2	8,0	8,0	12,0	15,7
421	4,4	6,3	9,2	9,2	14,2	21,9
477	5,3	7,0	10,2	10,3	17,3	24,3

produção de grãos. Normalmente, o conteúdo de fósforo na planta foi crescente com o aumento da lâmina de água e da dose de fósforo. Bailey et al. (1983) encontraram aumento do conteúdo de P em plantas com a elevação da dose de fósforo e de água adicionada ao solo.

A superfície de resposta foi representada graficamente, na figura 3, por meio de um mapa de isoquantas: estas mostram que um mesmo rendimento de grãos pode ser atingido por diferentes combinações de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e lâminas totais de água. Assim, um rendimento de 1.600kg/ha de feijão pode ser obtido com 200kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 272mm de água ou com 50kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 313mm de água.

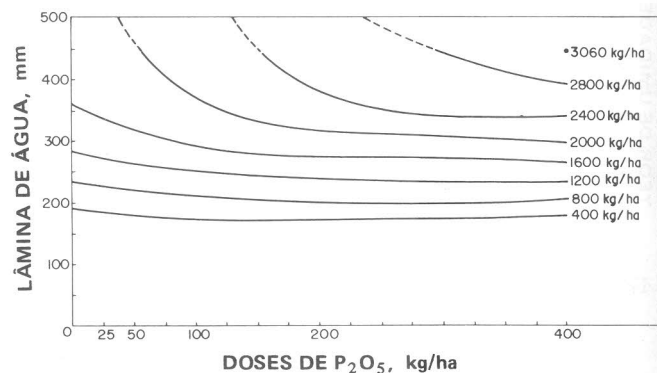


Figura 3. Mapa de isoquantas.

Pelo exposto, infere-se que existe uma substituição de fatores, válida dentro de certos limites, para se atingir um mesmo produto. Pela concavidade das isoquantas, tem-se que, à medida que cresce a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada, incrementos iguais de fósforo substituem lâminas totais de água cada vez menores.

Dada a baixa disponibilidade de fósforo na maioria dos nossos solos, são frequentes os estudos com este elemento. A grande interdependência entre ambos os fatores de produção, fósforo e água, torna evidente a necessidade de, em ensaios de resposta da planta à aplicação de fósforo, conhecer as condições hídricas do solo envolvido no estudo. Na maioria dos ensaios, em campo e, principalmente, em casa de vegetação, devido à dificuldade e à indisponibilidade de equipamentos,

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1% pelo teste F.

não se tem controle das condições hídricas do solo. Em casas de vegetação, os ensaios são "irrigados" sem nenhum critério e, em condições de campo, ficam na dependência das precipitações pluviais, variáveis entre locais e anos. Nesses casos, os resultados obtidos são mais qualitativos que quantitativos.

### CONCLUSÕES

1. A aplicação de doses crescentes de fósforo aumentou o rendimento de grãos do feijoeiro, mas a resposta variou com as lâminas de água.
2. A aplicação de lâminas totais de água crescentes elevou o rendimento de grãos do feijoeiro, mas a resposta variou com as doses de fósforo.
3. Em baixa lâmina de água, a resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo foi pequena.
4. A resposta no rendimento de grãos foi mais acentuada pelo efeito da lâmina de água do que pela dose de fósforo.
5. O conteúdo de fósforo na planta elevou-se com o aumento da dose de fósforo e da lâmina de água.
6. Um mesmo rendimento de grãos de feijão foi conseguido por diferentes combinações de doses de fósforo e lâminas de água.

### LITERATURA CITADA

AWAD, F.; AZIZ, M.A. & OMAR, M.S. Interaction of phosphorus fertilization and soil moisture depletion on kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Yield of seeds and their N, P, K and protein contents. *Egypt J. Soil Sci.*, Cairo, 22(2):135-142, 1982.

BAILEY, S.W.; AITKEN, R.L. & HUGHES, J.D. The effect of soil water status on critical phosphorus concentrations in *Stylosanthes hamata* cv. Verano. *Pl. Soil*, The Hague 74:467-472, 1983.

BARBER, S. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, Baltimore, 93:39-49, 1962.

FRIZZONE, J.A.; CASSIANO SOBRINHO, F.; SÁ, M.S. de & BUZETTI, S. Efeito da irrigação e da adubação fosfatada sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.169-172.

FRIZZONE, J.A. & OLITTA, A.F.L. Consumo de água e produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em latossolo vermelho-amarelo. *R. Item*, Brasília, 29:25-29, 1987.

HANS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P. & WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 40:426-429, 1976.

MAHTAB, S.K.; GODFREY, C.L.; SWOBODA, A.B. & THOMAS, G.W. Phosphorus diffusion in soils. In: The effect of applied P, clay content and water content. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 35:393-397, 1971.

OLSEN, S.R.; KEMPER, W.D. & JACKSON, R.D. Phosphate diffusion to plant roots. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison 26:222-227, 1962.

PHILLIPS, R.E.; PLACE, G.A. & BROW, D.A. Self-diffusion of phosphorus in clays and soils. I. The effect of phosphorus rate. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 32:41-44, 1968.

RUIZ, H.A. Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos. Viçosa, U.F.V., Imp. Univ., 1986. 86p. (Tese de Doutorado)

SILVEIRA, P.M.; STEVINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H. & CARVALHO, J.R.P. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijoeiro de inverno. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(2):219-223, 1984.