

EFEITO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA O CONTROLE DA IRRIGAÇÃO NA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO FEIJOEIRO, SOB TRÊS DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA NO SOLO

João Baptista Chieppe Júnior¹; Ana Lucia Pereira²; Luis Fernando Stone³; José Aluísio Alves Moreira³; Antônio Evaldo Klar⁴

¹*Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde, Rio Verde, GO, chieppejr@ibest.com.br*

²*Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Epitaciolândia, AC,*

³*Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO*

⁴*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP*

1 RESUMO

O trabalho objetivou estudar o efeito de três métodos de determinação de parâmetros para controle de irrigação, aplicada em diferentes tensões, na eficiência do uso da água (E.U.A.) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Os tratamentos resultaram da combinação de três métodos de determinação de parâmetros para controle da irrigação (tensiômetro – curva de retenção da água do solo e tanque USWB “classe A”) e três tensões de água do solo (1:-30 kPa todo ciclo; 2: -60 kPa todo ciclo e 3: -60 kPa fase vegetativa e -30 kPa fase reprodutiva) perfazendo nove tratamentos, obedecendo a um delineamento experimental em blocos ao acaso num esquema fatorial 3² e três repetições. Embora não tenha ocorrido efeito significativo, verificou-se, neste ensaio, tendência à elevação da eficiência do uso da água nos tratamentos que utilizaram as tensões de -60 kPa na fase vegetativa e -30 kPa na fase reprodutiva, em todos os métodos de determinação de parâmetros controle da irrigação com uma economia de água, pois se irrigou menos o feijão na fase vegetativa e forneceu mais água na fase reprodutiva, visto que não houve precipitação no período de junho a setembro de 1995, obtendo-se assim ótima produção e, conseqüentemente, maior eficiência do uso da água (E.U.A.).

UNITERMOS : tensão da água no solo, irrigação, eficiência do uso da água, *Phaseolus vulgaris*

CHIEPPE JÚNIOR, J. B.; PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLAR, A. E. EFFECTS OF PARAMETER DETERMINATION METHODS FOR COMMON BEAN IRRIGATION CONTROL

2 ABSTRACT

The objective of this research was to study three methods of parameter determination for irrigation control under different tensions in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The treatments were a combination of three methods of parameter determination for irrigation control (tensiometer, water retention curve, USWB Class A pan) with three soil water tensions (1:-30 kPa; 2:-60 kPa both for the whole plant cycle; 3:-60 kPa for the vegetative phase and -30 kPa for the reproductive phase). The experimental design was randomized

blocks, factorial 3^2 with three replicates. Although no significant effect on water use efficiency was found, a tendency for increasing water use efficiency in treatments with tensions of -60 kPa at the vegetative phase and -30 kPa at the reproductive phase was observed in all methods of parameter determination for irrigation control. Water was saved as less irrigation was applied during the vegetative phase and more irrigation at the reproductive phase. No precipitation was observed from June to September 1995, leading to a high yield and therefore to a higher water use efficiency.

KEY WORDS: soil water tension , water use efficiency, *Phaseolus vulgaris*

3 INTRODUÇÃO

Para Stone & Moreira (1986), a frequência de irrigação, bem como a quantidade de água a ser aplicada são em função da cultura, do solo, das condições climáticas reinantes nas diferentes fases do desenvolvimento da planta e do método de irrigação. Ainda, segundo os autores, irrigações muito frequentes não têm sido recomendadas pela maioria dos pesquisadores por aumentar os custos de operação e perdas de água por evaporação. Dependendo da cobertura vegetal e das condições de umidade da superfície do solo, as perdas por evaporação podem atingir 50% da evapotranspiração. Stegman et al. (1983) associam o conceito de controle de irrigação a um objetivo econômico apropriado. Relacionaram a maximização do rendimento da cultura por unidade de água aplicada ao controle da irrigação em locais onde há limitação de disponibilidade do recurso hídrico. A maximização do lucro líquido e a minimização dos gastos de energia são outros objetivos propostos. A classificação das técnicas de controle de irrigação pode ser sistematizadas: a) com base nos atributos físico-hídricos do solo; b) com base na fisiologia da planta; c) no cômputo do balanço de água na zona radicular; e d) em modelos climatológicos.

Segundo Stone & Moreira (1999), o déficit hídrico aplicado na fase vegetativa (10 aos 35 dias após a emergência) foi prejudicial para o desenvolvimento do feijoeiro.

Hossokawa et al. (1992), estudando os efeitos da interação água, densidade e época de plantio sobre o feijoeiro, encontraram diferença significativa da irrigação sobre a altura de plantas e a produtividade. Não houve efeito significativo com relação ao número médio de vagens por planta.

Loureiro et al. (1990) observaram significância sobre a produção de grãos, altura da planta de feijão e número de vagens por planta, quando avaliaram o efeito de oito lâminas de irrigação, sendo que a maior lâmina (184,11 mm) produziu maior número de vagens por planta.

De acordo com Silveira & Moreira (1990), a produção de feijão cultivado no inverno aumentou com a elevação da lâmina de água de 204 até 447 mm por ciclo.

Segundo Stone & Moreira (1986), nos solos da região dos cerrados, em virtude da baixa capacidade de retenção, o turno de rega deve ser de quatro a seis dias. Salientam, ainda, que altas lâminas de água mantêm a tensão de água do solo em valores baixos, principalmente quando as irrigações são mais frequentes, ocasionando um aumento de produção.

Analisando a disponibilidade hídrica para o feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, Matzenauer et al. (2004) verificaram que as deficiências hídricas no ciclo completo da cultura variaram de 38mm a 97mm, na média do período estudado, dependendo do local e da época de semeadura. Os autores verificaram que, em períodos quentes e secos, como no ano agrícola 1985/86, em condições de elevada demanda evaporativa da atmosfera,

as deficiências hídricas no ciclo completo do feijoeiro ultrapassaram 300mm, na localidade de Júlio de Castilhos.

A eficiência da utilização da água pela cultura do feijoeiro em relação ao rendimento obtido é um parâmetro de grande importância, sobretudo em locais onde a atividade de produção é diretamente determinada pela prática da irrigação, refletindo na rentabilidade e na eficiência da produção. Para a cultura do feijoeiro, o valor da eficiência de uso da água na produção de grãos com umidade de 10% é da ordem de 0,3 a 0,6 kg m⁻³, segundo Doorenbos & Kassam (1979).

O feijoeiro deve ser irrigado a baixas tensões e apresentar um manejo adequado de água no solo para alcançar boa produtividade. Por isso, têm-se buscado métodos mais eficientes e com uma boa precisão para determinar o momento de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada, visando a um melhor controle da irrigação no feijoeiro. Entre as diferentes metodologias, os métodos do tanque USWB “Classe A”, a tensiometria e a curva característica de água do solo, têm sido os mais usados no controle da irrigação em feijoeiro (Silva, 1988). O tanque USWB “Classe A” é amplamente utilizado em todo o mundo para a estimativa de evapotranspiração devido, principalmente, ao custo relativamente baixo e a sua facilidade de operação (Doorenbos & Pruitt, 1984; Villa Nova & Scardua, 1984). Também utilizados como método de controle da irrigação, os tensiômetros são aparelhos que medem a tensão ou potencial matricial da água do solo. Eles são capazes de medir até -100 kPa ou 760 mm de mercúrio, mas pode contar com a sua indicação mais precisa até -80 kPa. Segundo Campbell & Mulla (1990), de todos os métodos disponíveis para conhecimento dos potenciais de água no solo em irrigação, o tensiômetro é, talvez, o mais largamente usado. Os tipos mais comuns de tensiômetros são os de vacuômetro e os de manômetro de mercúrio. A curva característica de água no solo é o outro método indicado pela Embrapa Cerrados segundo Silva (1988), para se determinar a quantidade de água a aplicar. O método é determinado em função da tensão da água, o que é feito em laboratório, baseado em amostras colhidas no campo a ser irrigado.

Em algumas regiões do Brasil, os recursos hídricos são escassos, requerendo estudos criteriosos para a orientação com relação ao uso mais eficiente da água. A irrigação é uma alternativa tecnológica para contornar o problema hídrico, visando a assegurar o aumento da produtividade, tanto em quantidade, como em qualidade dos produtos (Gomide, 2002).

Tanto o excesso, quanto a falta de água são fatores que afetam, de maneira marcante, o rendimento das lavouras irrigadas e, conseqüentemente, o retorno econômico desse sistema de produção (Saad & Libardi, 1994).

No Brasil, a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada não utiliza qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação, e o monitoramento automático para esse manejo é ainda incipiente (Gomide, 1998). Dentre os fatores que contribuem para a ausência do manejo de irrigação, está a metodologia que, embora disponível, ainda não foi apresentada aos produtores de forma acessível, de modo que facilite a sua adoção (Silveira & Stone, 2001).

Os sistemas de irrigação tradicionais demandam utilização de mão-de-obra para serem acionados e, além do custo de se dispor de operadores para essa função, o acionamento manual é irregular, podendo provocar a irrigação excessiva do solo, causando a lixiviação ou a irrigação deficiente, permitindo que se esgote grande parcela da água disponível armazenada entre uma irrigação e outra (Medice, 1997).

O manejo da irrigação baseado no potencial de água no solo é a maneira mais racional de uso da água (Villagra, 1988) e, para a determinação do potencial mátrico em condições de campo, o tensiômetro é o equipamento mais utilizado e recomendado (Villagra, 1988 e Klein,

2001). Em países onde a irrigação é realizada com técnicas modernas, o tensiômetro é bastante usado, principalmente onde o controle da irrigação é automatizado (Bernardo, 1995).

Das grandes culturas semeadas no outono/inverno na região Centro-Oeste, sob irrigação por aspersão, o feijão é a principal. Em níveis de lavoura, têm-se conseguido produções geralmente superiores a 1.500 Kg ha^{-1} , bem maiores que as obtidas sem irrigação nas outras épocas de semeadura. Essas produções são tanto mais elevadas, quanto maiores e mais apropriados os níveis de tecnologia utilizados pelos produtores, podendo ultrapassar 3.000 Kg ha^{-1} (Silveira et al., 1996). É necessário, portanto, estabelecer, para o feijoeiro, uma metodologia adequada de controle da irrigação por aspersão. Existem muitas opções e critérios para controle da irrigação, tanto quanto à época, como em relação à quantidade de água a aplicar. A aplicação da tecnologia mais adequada consiste no conhecimento e correta utilização de equipamentos, coleta e interpretação contínua dos dados e um eficaz controle da irrigação (Silva, 1988). Com isso, considerando que há grande número de produtores que estão utilizando a irrigação por aspersão em feijoeiro nas regiões do cerrado, sem nenhum controle eficaz do uso da água e energia, desenvolveu-se o presente trabalho, com o objetivo de estudar o efeito de métodos de controle da irrigação, utilizando tanque USWB "Classe A", tensiômetro e curva característica de água no solo, no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental "Filostro Machado Carneiro", da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Goiás (EMATER-GO), localizada no município de Senador Canedo, distante aproximadamente 25 km de Goiânia, a uma altitude média de 741 m, cujas coordenadas geográficas são: $16^{\circ}41'$ de latitude sul e $49^{\circ}16'$ de longitude oeste, no período de junho a setembro de 1995.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 3^2 com três repetições conforme Figura 1.

Cada parcela possuía 3 m de largura (6 linhas de plantas de feijão) por 5 m de comprimento, com área total de 15 m^2 . A área útil de cada parcela foi de 8 m^2 ($2 \times 4 \text{ m}$), sendo considerada uma bordadura de 0,5 m nas extremidades e nas laterais, resultando em quatro linhas de feijão, medindo 4 m de comprimento, para cada parcela.

A aplicação da água foi feita através de um sistema de irrigação por aspersão convencional. As linhas laterais foram dispostas ao longo das fileiras de plantio nas parcelas, com aspersores ASBRASIL modelo PERROT do tipo ZE-30D, espaçados de 18 m, com dois bocais de 4,5 e 5,5 mm de diâmetro, vazão $2,90 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, que operando numa pressão de -250 kPa produziu um diâmetro molhado de 15 m.

O sistema de distribuição de água constou de um conjunto moto bomba centrífuga, com potência de 10 CV, que recalrava água de um canal a 12 m da área experimental, através de uma tubulação de aço-zincado de 4" de diâmetro até as linhas de aspersores.

Os tratamentos resultaram da combinação de três métodos de determinação de parâmetros de controle da irrigação e três tensões de água no solo em diferentes períodos, assim caracterizados:

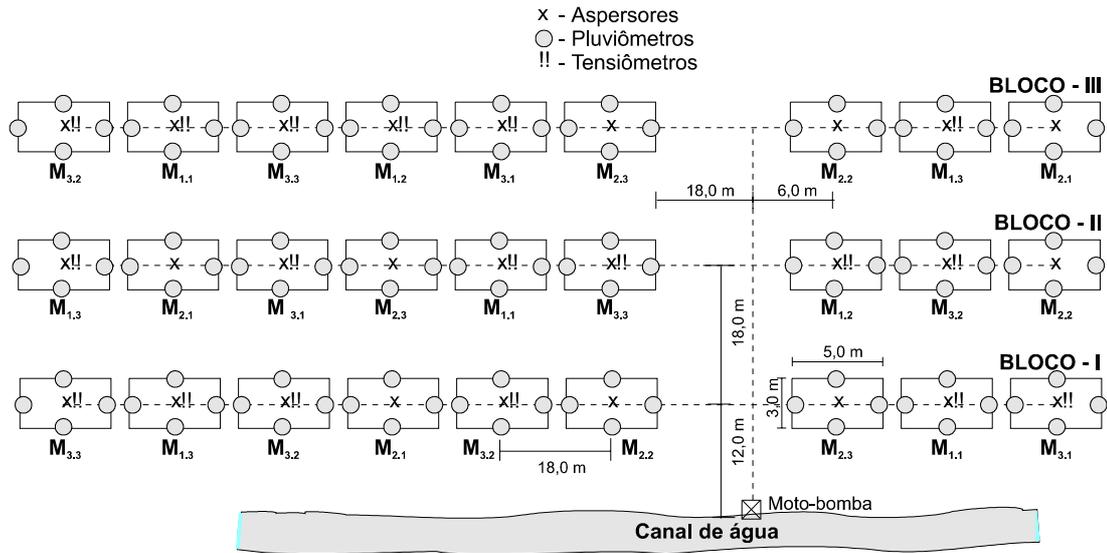


FIGURA 1. Diagrama esquemático do ensaio.

Método 1. Tensiômetro:

Neste método, os tensiômetros foram instalados na linha de semeadura do feijão, nas profundidades de 15 cm (tensiômetro de decisão da irrigação) e 30 cm (tensiômetro de controle da irrigação), por tratamento. Durante o desenvolvimento da cultura, as leituras dos tensiômetros foram feitas às 09:00 horas. Com a curva característica da água no solo, construída utilizando-se o método clássico da centrífuga Russel & Richards, (1938). A lâmina de água a ser aplicada foi calculada pela equação (1), de acordo com as leituras dos tensiômetros na tensão estabelecida para cada tratamento, procurando sempre elevar a umidade do solo para próximo à capacidade de campo (-6 kPa), de acordo com a curva característica de água no solo (Figura 2), determinada no laboratório de Física do Solo da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, utilizando o método clássico da centrífuga (Russel & Richards, 1938), em amostras com estrutura indeformada nas profundidades indicadas, com três repetições, em anéis de bordas cortantes de 5 cm de altura e 4,8 cm de diâmetro, nos pontos de tensão de 6,0; 10,0; 33,0; 60,0; 100 e 1.500 kPa.

$$LL = 10(\Theta_i - \Theta_a) H \quad (1)$$

Onde: LL – lâmina de irrigação (mm);

Θ_i – umidade do solo correspondente a -6 kPa ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Θ_a – umidade à tensão correspondente a cada tratamento em ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

H – camada solo representativo do sistema radicular da cultura (30 cm).

Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento (M1. 1) – Tensão de -30 kPa (todo ciclo), Tratamento (M1. 2) – Tensão de -60 kPa (todo ciclo), Tratamento (M1. 3) – Tensão de -60 kPa (fase vegetativa, até 30-35 dias) e -30 kPa (fase reprodutiva, 25-30 dias).

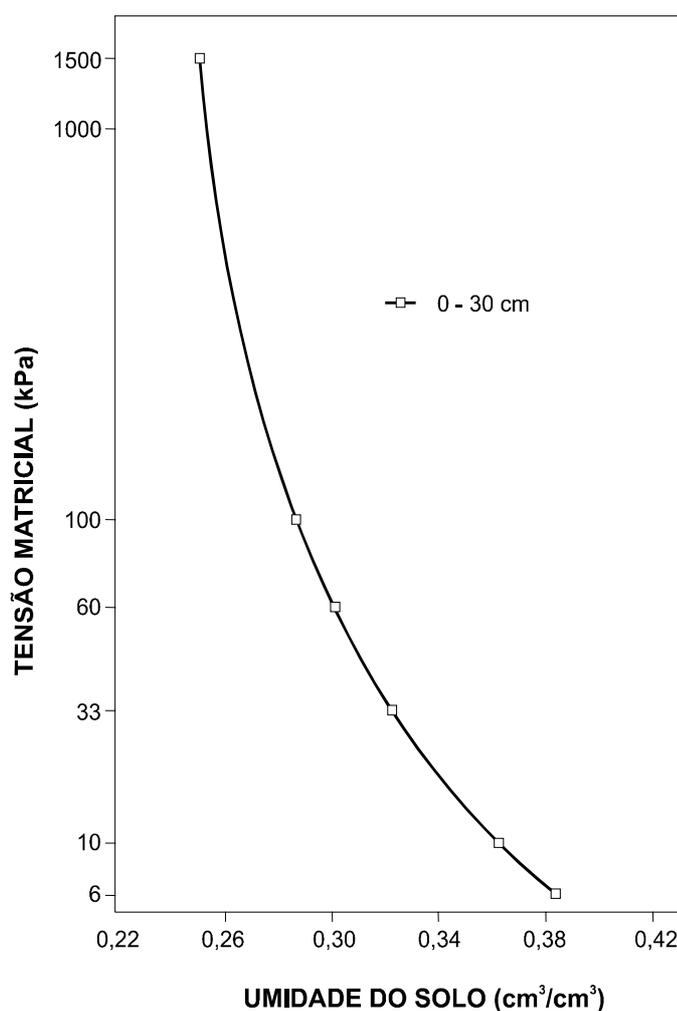


FIGURA 2. Curva de retenção da água no solo.

Método 2. Tanque USWB “Classe A”:

A lâmina de água aplicada foi fixa e calculada pela equação (1), correspondente à tensão estabelecida para cada tratamento. Desta maneira, irrigou-se toda vez que a evapotranspiração máxima da cultura, calculada pela equação (2), entre uma irrigação e outra, atingiu essa lâmina fixa estabelecida na equação (1) de acordo com as diferentes tensões dos tratamentos.

$$E_{tm} = ECA \cdot K_p \cdot K_c \quad (2)$$

Onde: E_{tm} - evapotranspiração máxima da cultura em (mm/dia);

ECA - evaporação do tanque USWB “Classe A”;

K_p - coeficiente do tanque, que leva em conta o clima e o meio circundante ao tanque USWB “Classe A”, apresentado em Doorenbos & Kassan (1979);

K_c - coeficiente da cultura, Steinmetz (1984).

Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento (M2. 1) - Tensão de -30 kPa (todo ciclo), Tratamento (M2. 2) - Tensão de -60

kPa (todo ciclo), Tratamento (M2. 3) – Tensão de -60 kPa (fase vegetativa, até 30-35 dias) e -30 kPa (fase reprodutiva, 25-30 dias).

Método 3. Tensiômetro e Tanque USWB “Classe A”:

Neste método, foi utilizada, a mesma metodologia descrita no método 1, em relação à instalação e operação dos tensiômetros em cada parcela dos tratamentos. A lâmina de água foi aplicada quando a tensão de água do solo, medida pelos tensiômetros através da equação (1), atingia a tensão estabelecida para cada tratamento. A lâmina de água aplicada foi igual à evapotranspiração máxima da cultura, calculada pela equação (2), entre uma irrigação e outra.

Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento (M3. 1) – Tensão de -30 kPa (todo ciclo), Tratamento (M3. 2) – Tensão de -60 kPa (todo ciclo), Tratamento (M3. 3) – Tensão de -60 kPa (fase vegetativa, até 30-35 dias) e -30 kPa (fase reprodutiva, 25-30 dias).

Eficiência do uso da água (E.U.A.):

Foi calculada de acordo com a razão entre o rendimento de grãos e o volume de água aplicado durante todo o ciclo da cultura para cada parcela experimental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência do uso da água ($\text{Kg} \cdot \text{mm}^{-1}$) não apresentou efeito significativo para o efeito de blocos e da interação método de controle da irrigação versus tensão de água no solo, de acordo com teste de Tukey (Quadro 1). Observou-se tendência à maior eficiência do uso da água (E.U.A.) nos tratamentos que utilizaram as tensões de -60 kPa na fase vegetativa e -30 kPa fase reprodutiva, para todos os métodos de controle da irrigação estudados. Esse manejo foi adequado, pois se irrigou menos o feijão na fase vegetativa, e forneceu mais irrigação na fase reprodutiva, sendo possível assim reduzir a área foliar, mas sem atingir valores que comprometessem a formação de vagens e o enchimento dos grãos. Observou-se com isso uma maior quantidade de nutrientes no solo para serem usados na fase reprodutiva, obtendo-se assim ótima produção e, conseqüentemente, maior eficiência do uso da água (E.U.A.). Hedge & Srinivas (1990) verificaram diferença significativa nos tratamentos submetidos à tensão de -65 kPa, que apresentaram maior eficiência do uso da água (E.U.A.) que os tratamentos submetidos às tensões de -25 e -45 kPa, não concordando com os resultados apresentados por Stansell & Smittle (1980) que concluíram que a eficiência do uso da água (E.U.A.) pela cultura ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$) foi proporcional aos níveis de tensão matricial a que o solo sob estas culturas foi submetido nas suas diferentes fases de desenvolvimento, durante o controle da irrigação, sendo que o valor da eficiência do uso da água (E.U. A) decresceu com o aumento da tensão matricial, ou seja, 0,62; 0,45; e 0,40 $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$, para -25, -50 e -75 kPa, respectivamente.

Queiroz et al (2005), avaliando um sistema alternativo de automação da irrigação do feijoeiro cultivado nas tensões de -15 KPa e -30 KPa em casa de vegetação, verificou que as variáveis de produtividade de grãos e eficiência de uso da água não foram afetados pelos métodos de manejo, sem prejuízo na produção ou consumo excessivo de água. Santos (2002), trabalhando com sistema de controle similar na irrigação do pepino caipira, encontrou resultados semelhantes.

A eficiência de uso da água é um parâmetro importante na seleção de métodos de aplicação e manejo da água de irrigação, pois indica qual a combinação que leva à maior

produção com o menor consumo; entretanto, é um parâmetro muito variável. Na literatura, encontra-se citação de valores muito discrepantes.

Macedo Junior (1993), cultivando o feijoeiro em vaso, obteve maior eficiência na tensão de -500 kPa (1,79 kg m⁻³) para a cultivar Preto 60 dias e -200 kPa (1,73 kg m⁻³) para a cultivar Esal-688. Hegde & Srinivas (1989), trabalhando no intervalo de tensão entre -25 e -85 kPa, encontraram melhor eficiência para o tratamento -45 kPa (0,44 kg m⁻³).

Quadro 1. Médias da eficiência do uso da água (kg/mm) nos diferentes tratamentos.

Métodos	Tensões			Média
	Tensão 1 (-30 kPa)	Tensão 2 (-60 kPa)	Tensão 3 (-60 kPa FV* -30 kPa FR*)	
Método 1 (Tens. - Curva ret.)	4,6	4,8	6,0	5,1 a
Método 2 (Tq. Cl. A - C. ret.)	5,7	5,6	7,1	6,2 a
Método 3 (Tens. - Tq. Cl. A)	5,6	5,3	5,7	5,5 a
Média	5,3 A	5,3 A	6,3 A	
	Tensões	Métodos		
cv. (%) =	17,48	19,37		
d.m.s. =	1,7	2,7		

* F.V. = Fase Vegetativa e FR = Fase Reprodutiva.

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

6 CONCLUSÕES

Embora não houvesse efeito significativo, verificou-se tendência à elevação da eficiência do uso da água nos tratamentos que utilizaram as tensões de -60 kPa fase vegetativa -30 kPa fase reprodutiva, em todos os métodos de controle da irrigação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 4.ed. Viçosa - MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

CAMPBELL, G.S., MULLA, D.J. Measurement of soil water content and potential. In: STEWART, B.A. & NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison, ASA, 1990. p. 127-41. (Agronomy monograph, 30).

DOORENBOS, J., KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and drainage, 33).

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1984. 144 p. (Irrigation and drainage, 24).

- GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. cap.2, p.133-238.
- GOMIDE, R. L. Monitoramento automático de fluxo de seiva com sondas de balanço de energia e caracterização de estresse hídrico de duas linhagens de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.
- HEGDE, D M.; SRINIVAS K. Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield and water use of frenchbean. *Indian Journal Agronomy*, New Delhi, v.34, n.2, p.180-4, June 1989.
- HEDGE, D. M., SNIRIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. **Irrigation Science**, Berlin, v. 11, p. 51-6, 1990.
- HOSSOKAWA, T. et al. Os efeitos da água, da densidade e da época de plantio sobre uma cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1992, Natal. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992, p.889-921.
- KLEIN, V.A. Sistema automático de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.
- LOUREIRO, B.T. et al. Efeito de diferentes lâminas de água sobre a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, v.87, p.215-26, 1990.
- MACEDO JUNIOR, E.K. *Comportamento biofísico e agrônômico de plantas de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) submetidas a cinco níveis de tensão matricial da água no solo*. 1993. 103 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993.
- MATZENAUER, R.; JAIME RICARDO TAVARES MALUF, J. R.T.; BARNI, N. A. et al. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Cienc. Rural**, v.34 n.5 2004
- MEDICE, L.O. Acionador automático de sistemas de irrigação. *Revista da Propriedade Industrial*, Rio de Janeiro, n.1399, s.p., 1997.
- QUEIROZ, T.M. de.; Giacomini, J.C.; Rabelo, G. F.; Andrade, M.J.B., Avaliação de sistemas alternativo de automação da irrigação do feijoeiro em casa de vegetação, Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, 2005.
- RUSSELL, M. B.; RICHARDS, L. A. The determination of soil moisture energy relations by centrifugation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 3, p. 65-9, 1938.

SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. *Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetros de faixas*. São Paulo: IPT, 1994. 14 p. (Publicação, 2147)

SANTOS, D.S. dos. *Efeitos da tensão de água no solo, na cultura do pepino (Cucumis sativus L.), utilizando sistema de irrigação automatizado*. 2002. 60 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002

SILVA, A. R. da. Tecnologia disponível no manejo da irrigação por aspersão. **Item:** irrigação e tecnologia moderna, Brasília DF, n. 32, p. 28-30, 1988.

SILVEIRA, P. M. da. et al. **A irrigação e a cultura do feijoeiro**. Goiânia GO: EMBRAPA, CNPAF, 1996, 51 p. (Documentos, 63).

SILVEIRA, P.M., MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas e água de irrigação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.14, p.63-7, 1990.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. *Irrigação do feijoeiro*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 230 p.

STANSELL, J. R., SMITTLE; D. A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, New York, v. 105, p. 869-73, 1980.

STEGMAN, E.C., MUSICK, J.T., STEWART, J.I. Irrigation water management. In: JENSEN, M.E., ed. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph, ASAE, 1983. p. 763-816. (ASAE, Monograph, 3).

STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno**. Santo Antônio de Goiás GO: EMBRAPA, (Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão), 1984. 4 p. (Circular técnica, 47).

STONE, L. F., MOREIRA, J. A. **A.Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás GO: EMBRAPA, (Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão), 1986. p. 1-31, Circular técnica, 20).

STONE, L. F., MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparo do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, 1999, Salvador. **Resumos expandidos...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.693-6 (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99).

VILLA NOVA, N.A., SCÁRDUA, R. O uso do método climatológico na determinação das necessidades de irrigação. **Boletim Téc. SBA**, n.2, p.1-29, 1984.

VILLAGRA, M. de las M. *Variabilidade de medidas de tensiômetro em terra roxa estruturada*. 1988. 64 f. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.