



Estratégias de manejo da irrigação do feijoeiro com água salina

Delfran B. dos Santos¹; Paulo A. Ferreira¹; Flávio G. Oliveira¹; Giovani O. Garcia¹;
José E. de S. Carneiro² & Marco A. O. Cano³

¹ DEA/UVF. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899 1911. Fax: (31)38992735. E-mail: delfran@universiabrasil.net; pafonso@ufv.br; flaviogoliveira@ibest.com.br; giovanniog@vicosa.ufv.br

² Departamento de Fitotecnia/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899 1115. E-mail: jesc@ufv.br

³ Departamento de Biologia Vegetal/UFV. Fone: (31) 3899 2050. E-mail: moliva@ufv.br

Protocolo 9

Resumo: O objetivo deste estudo foi definir estratégias de manejo de irrigação na cultura do feijoeiro com água salina, com base no potencial da água no solo, parâmetros fisiológicos e de produção. O experimento foi conduzido na estação lisimétrica da área experimental de irrigação e drenagem, campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. Os tratamentos consistiram de sete frações de lixiviação, equivalentes a 40, 31, 25, 23, 16, 14 e 3% da lâmina de água de irrigação, sendo que, para a fração de lixiviação de 3%, usou-se água doce (0,07 dS m⁻¹) e, para as demais, água salina (2 dS m⁻¹). O manejo adequado da irrigação do feijoeiro, sob condições de estresse salino, requer: adição do componente osmótico do potencial da água no solo ao componente matricial; lixiviação do excesso de sais do perfil do solo; estimativa da produção relativa da cultura e medições fisiológicas.

Palavras-chave: salinidade, frações de lixiviação, *phaseolus vulgaris*

Strategies for the saline water irrigation management in bean plant

Abstract: This study was carried out to define strategies for the saline water irrigation management in bean plant, based on soil water potential, as well as on physiological and production parameters. The experiment was conducted in the lysimeter station at the drainage and irrigation experimental area, located at campus of the Universidade Federal de Viçosa, MG. Treatments consisted of seven leaching fractions corresponding to 40, 31, 25, 23, 16, 14 and 3% of the irrigation water depth; for the leaching fraction of 3%, the fresh water (0.07 dS m⁻¹) was used, whereas for the saline water (2 dS m⁻¹) for the other fractions were used. According to the results, the appropriate irrigation management for the bean plant under saline stress requires: addition of the osmotic component in the soil water potential to the matrix component; leaching of the excessive salts of the soil profile; estimate of the relative crop production; and physiological measurements.

Key words: salinity, leaching fractions, *phaseolus vulgaris*

INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos da agricultura irrigada, milhões de hectares continuam sendo salinizados, contribuindo para o comprometimento de áreas antes produtivas. Estima-se que aproximadamente um terço da área mundialmente irrigada está degradada devido a processos de salinização e/ou de sodicidade (Ghassemi et al., 1995).

Grandes esforços vêm sendo realizados por profissionais de várias áreas do conhecimento, no sentido de se avaliar, monitorar e manejar o efeito dos sais no sistema água-solo-

planta-atmosfera, sobretudo em regiões de clima árido e semi-árido, onde existem, comumente, problemas de salinidade dos solos e da água.

O uso de água salina na agricultura, entretanto, constitui no momento, atividade essencial, tendo em vista o aumento da demanda de água doce, tanto pela atividade agrícola quanto pelo abastecimento urbano e industrial. A instalação de perímetros irrigados e agrovilas, ao longo dos rios e açudes, que banham o semi-árido nordestino, tem despertado o interesse pelo cultivo do feijoeiro e de outras culturas de interesse econômico para a região, mas ainda há poucas informações

técnico-científicas capazes de sustentar a exploração da cultura do feijoeiro, em áreas irrigadas com água salina, notadamente com a cultivar BRSMG Talismã.

Em razão do exposto, o principal objetivo deste estudo foi definir estratégias de manejo de irrigação para a cultura do feijoeiro irrigado com água salina, com base no potencial da água no solo e em parâmetros fisiológicos e de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Condução do experimento

Foi realizado semeio do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. Talismã), no espaçamento de 0,5 m entre fileiras, com 15 sementes por metro linear, resultando numa população equivalente a 300.000 plantas por hectare.

O experimento foi conduzido no período de 20 de março a 30 de junho de 2004, na estação lisimétrica (21 lisímetros de drenagem sob ambiente protegido) da área experimental de Irrigação e Drenagem, campus da Universidade Federal de Viçosa, localizada a 20° 45' S e 42° 45' W, no Estado de Minas Gerais.

Os lisímetros foram preenchidos com amostra de solo, retirada até à profundidade de 0,8 m do perfil de um Argissolo Vermelho Eutrófico, cujas características físicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas do solo utilizado para preenchimento dos lisímetros

Característica	Resultado
Classe textural	Argilosa
Areia grossa (g kg ⁻¹)	184,0
Areia fina (g kg ⁻¹)	98,0
Silte (g kg ⁻¹)	170,0
Argila (g kg ⁻¹)	548,0
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,2
Densidade das partículas (kg dm ⁻³)	2,63
Porosidade total (dm ³ dm ⁻³)	0,54
Capacidade de campo (dm ³ dm ⁻³)	0,313
Ponto de murcha (dm ³ dm ⁻³)	0,204

Antes do plantio, foram feitas irrigações com água salina nos lisímetros, até ser atingido, aproximadamente, 3,6 dS m⁻¹ no extrato de saturação do solo, utilizando-se de água preparada com adição de NaCl e CaCl₂ na proporção 3:2. Apresentam-se na Tabela 2, as características químicas das águas utilizadas nas irrigações.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de sete frações de lixiviação, equivalentes a 40, 31, 25, 23, 16, 14 e 3% da lâmina de água de irrigação sendo que, para a fração de lixiviação de 3% (testemunha), usou-se água doce (0,07 dS m⁻¹) e, para as demais, água salina (2 dS m⁻¹).

As lâminas de água de cada irrigação foram calculadas com base na ETc e na fração de lixiviação, correspondente a cada tratamento, empregando-se a Eq. 1. O intervalo entre irrigações foi determinado em função do fator de disponibilidade de água no solo para a cultura do feijoeiro (f = 0,5), conforme Bernardo et al. (2005), utilizando-se de dados obtidos em estação

Tabela 2. Características químicas das águas utilizadas nas irrigações

Água doce (AD)		Água salina (AS)	
Característica	Resultado	Característica	Resultado
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,08	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	7,07
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,05	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,05
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,07	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,68
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,04	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,05
Cu ³⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,000	Cu ³⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,000
Mn (mmol _c L ⁻¹)	0,000	Mn (mmol _c L ⁻¹)	0,000
Fe (mmol _c L ⁻¹)	0,000	Fe (mmol _c L ⁻¹)	0,000
Zn (mmol _c L ⁻¹)	0,000	Zn (mmol _c L ⁻¹)	0,000
pH	6,4	pH	6,8
RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	0,34	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	6,05
CE (dS m ⁻¹)	0,07	CE (dS m ⁻¹)	2,0
		Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	12,1*

* Valor estimado por cálculo

meteorológica automática, com aferição do teor de água do solo pelo método padrão de estufa.

$$Lai = \frac{ETc}{1 - FL} \quad (1)$$

em que:

- Lai - lâmina de irrigação aplicada, mm;
- ETc - evapotranspiração da cultura, mm;
- FL - fração de lixiviação.

Coletaram-se, durante o período experimental, amostras de solo para determinação da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CEes). As amostras foram retiradas das camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando-se de um amostrador construído com um tubo de cobre, com diâmetro interno de 2,2 cm e comprimento de 80 cm.

Estimou-se a condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo, a partir da condutividade elétrica, determinada numa solução 1:5, aplicando-se o modelo linear obtido segundo a Eq. 2.

$$\hat{y} = 7,2812***x + 0,0405 \quad (r^2 = 0,99) \quad (2)$$

em que:

- \hat{y} - estimativa da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), em dS m⁻¹;
- x - condutividade elétrica medida na solução sobrenadante, CE 1:5, dS m⁻¹.

Determinação da curva de potencial matricial-osmótico

Os valores do componente osmótico foram acrescidos ao componente matricial, em cada ponto amostrado sobre a curva característica de retenção de água no solo, obtendo-se assim, a curva de potencial matricial-osmótico em função do teor de água no solo em base volume.

No cálculo do componente osmótico do potencial, foram utilizadas, em cada ponto da curva, as Eq. 3 e 4.

$$\Psi_{os} = 36 \times CE_{\theta} \quad (3)$$

$$CE_0 = \frac{CE_{es} \times \varepsilon}{\theta} \quad (4)$$

em que:

- Ψ_{os} - potencial osmótico, kPa;
- CE_e - condutividade elétrica da solução do solo a um teor de água, θ , $dS\ m^{-1}$;
- CE_{es} - condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo, $dS\ m^{-1}$;
- ε - porosidade do solo, %;
- θ - teor de água do solo, em base volume (%).

Medições fisiológicas e de produtividade

A taxa fotossintética (A) foi medida na terceira folha, totalmente expandida, nos estádios de floração e enchimento de grãos, no horário entre 08:00 e 12:00 h, sob uma intensidade luminosa de $1000\ \mu moles\ m^{-2}\ s^{-1}$, utilizando-se de um analisador de gases no infravermelho, portátil, modelo LI-6400 (LiCor, Nebraska, EUA).

Mediu-se o teor de clorofila (índice SPAD), por meio de um aparelho portátil SPAD (SPAD-502, da Minolta Chlorophyll Meter), no estádio de enchimento de grãos.

A determinação do potencial osmótico da folha foi realizada nos estádios de floração e enchimento de grãos. Amostras de folhas das plantas do feijoeiro foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos que, em seguida, foram armazenados em freezer. O material foi descongelado e prensado. A seiva coletada no esmagamento das folhas foi centrifugada a 3.000 RPM, durante 15 min. O potencial osmótico (Ψ_{os}) foi determinado no líquido sobrenadante, mediante a utilização de um microsmômetro (Precision Osmette, modelo 2007).

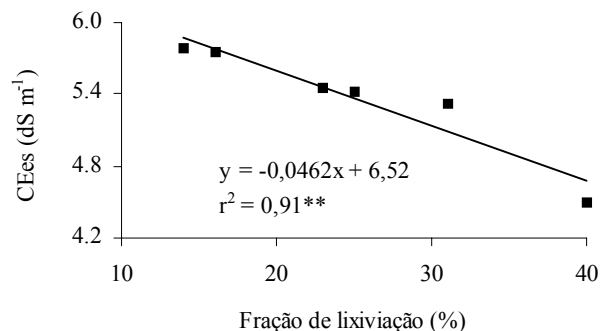
Por ocasião da maturação das vagens, as plantas das parcelas foram colhidas e a produção de massa seca da parte aérea foi determinada; os grãos foram pesados e a produção transformada em $g\ m^{-2}$. Na determinação da massa seca da parte aérea, o material vegetal foi acondicionado em saco de papel e, a seguir, colocado em estufa com circulação de ar forçada a temperatura de $65\ ^\circ C$, durante 72 h, aproximadamente, até atingir massa constante.

Os dados foram analisados por análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste "t" e para α de até 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Varição da CEes em função das frações de lixiviação

A Figura 1, apresenta a variação na condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), em função das seis frações de lixiviação com água de teor salino de $2\ dS\ m^{-1}$. À medida que a fração de lixiviação aumenta, a CEes se reduz, significativamente. Tal ocorrência pode ser atribuída ao fato de que, ao atravessar e percolar abaixo da zona radicular da cultura o excedente da água de irrigação lixivia o excesso de sais no perfil, resultando uma menor salinidade na região radicular favorecendo, deste modo, o crescimento e o desenvolvimento da cultura. Resultados semelhantes foram relatados por Katerji et al. (2000).



** significativo a 1% de probabilidade

Figura 1. Variação da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), em função das frações de lixiviação com água de $2\ dS\ m^{-1}$

Curvas de potencial matricial-osmótico em função do teor de água no solo

Na Figura 2 estão dados da soma dos componentes matricial e osmótico do potencial da água no solo, em função do teor de água no solo. É notório que, para um mesmo teor de água, sempre que a salinidade da solução do solo aumenta, ocorre um sensível decréscimo no componente osmótico do potencial total da água.

O efeito cumulativo dos componentes osmótico e matricial, ilustrado na Figura 2, alerta para o fato de que a disponibilidade de água para a cultura diminui, drasticamente, com a depleção da água no solo (Ayers & Westcot, 1985).

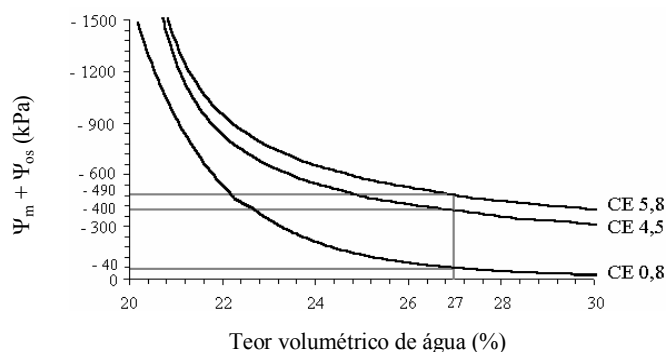


Figura 2. Curvas dos componentes matricial (Ψ_m) e osmótico (Ψ_{os}) do potencial total de água no solo, em função do teor de água, em base volume, para os níveis de salinidade no extrato de saturação de $0,8, 4,5$ e $5,8\ dS\ m^{-1}$

No caso em que o manejo da irrigação fosse realizado com tensiômetros, quando a leitura do componente matricial sobre a curva $CE = 0,8\ dS\ m^{-1}$ atingisse valores em torno de $-40\ kPa$, estabelecido por Silveira & Stone (2002), como limite máximo para o desenvolvimento adequado da cultura do feijoeiro, a irrigação seria aplicada a fim de elevar o teor de água do solo a capacidade de campo; entretanto, caso os níveis de salinidade fossem $4,5$ e $5,8\ dS\ m^{-1}$, o potencial de água no solo estaria em torno de -400 e $-490\ kPa$, respectivamente. Assim, percebe-se claramente que a cultura teria que despende uma considerável quantidade adicional de energia para absorver a água do solo nesses potenciais, para o mesmo teor de água de 27%, o que, conseqüentemente, resultaria em uma redução da

produtividade, em torno de 42 e 63%, respectivamente, (Figura 3). Portanto, para aumentar o nível energético da água no solo, a fim de torná-la mais disponível, é necessário se reduzir a salinidade da solução do solo, aplicando-se lâmina adequada de lixiviação.

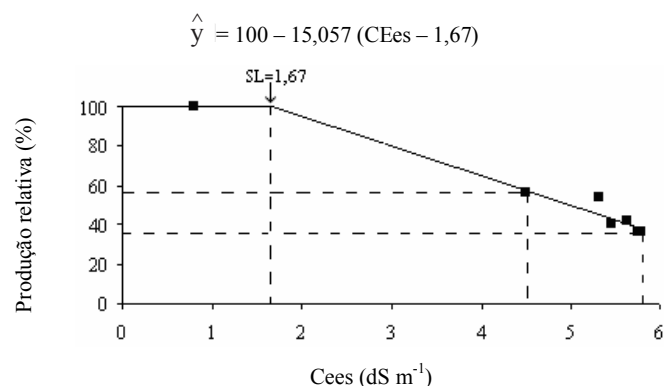


Figura 3. Produção relativa do feijoeiro cultivado em lisímetros com solos de diferentes condutividades elétricas do extrato da pasta saturada (CEes)

Verifica-se, portanto, que em culturas irrigadas com água salina o controle apenas do componente matricial não é suficiente, havendo necessidade de se controlar também, o componente osmótico.

Determinação da salinidade limiar do feijoeiro

A produção máxima do feijoeiro, correspondente a 100% da produção relativa, foi 3.449 kg ha⁻¹. Por meio do estudo de regressão segmentada (Maas & Hoffman, 1977), aplicada aos dados de produção relativa (Figura 3), verificou-se que a salinidade limiar do feijoeiro cv. Talismã, foi 1,67 dS m⁻¹. Para valores de CEes acima de 1,67 dS m⁻¹, a produção relativa decresce 15,06% por aumento unitário da CEes; Ayers & Westcot (1985) encontraram valores de salinidade limiar de 1,2 dS m⁻¹ para o feijoeiro. O valor mais elevado da salinidade limiar, encontrado para esta cultivar, pode estar associado a vários fatores, como tipos de sal e solo onde a planta era cultivada (Ferreira, 2002), constituição genética da cultivar (Dantas et al., 2002), práticas culturais e condições climáticas locais, durante o período experimental, visto que, quando o plantio é realizado em época mais fria, as plantas toleram melhor o estresse salino devido à baixa demanda de evapotranspiração (Karteji et al., 2000).

Parâmetros fisiológicos

A Tabela 3 apresenta as correlações de alguns parâmetros fisiológicos com a produção relativa de matéria seca total do feijoeiro (Wt).

Conforme se observa na Tabela 3, a melhor correlação ocorreu entre a produção de matéria seca total e o potencial osmótico da folha, seguindo-se o teor de clorofila e a taxa fotossintética; as correlações da produção da matéria seca total foram significativas ao nível de 0,1% de probabilidade, com o potencial osmótico da folha, e a 5% de probabilidade, com os parâmetros clorofila e fotossíntese.

A utilização de parâmetros fisiológicos e de metodologias não-destrutivas (clorofilômetro portátil e o IRGA), no monitoramento do feijoeiro sob estresse salino, pode ser uma alternativa viável e confiável para o manejo da cultura submetida a essas condições de exploração (Santos, 2005).

Informações sobre os parâmetros fisiológicos podem se tornar ferramenta importante na tomada de decisão quanto à época mais propícia para realizar a lixiviação de sais do solo, a fim de reduzir a salinidade em níveis que não prejudiquem a produtividade da cultura.

CONCLUSÕES

1. O monitoramento do estado energético da água no solo deve abranger a adição do componente osmótico ao matricial.
2. Para se obter uma produtividade adequada do feijoeiro irrigado com água salina, é necessário um manejo diferenciado da irrigação, incluindo a lixiviação dos sais do perfil do solo e a estimativa da produção relativa da cultura, bem como o uso de medições fisiológicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

- Ayers, R.S.; Westcot D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174p. Paper n.29. (Irrigation and drainage)
- Bernardo, S; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. Manual de irrigação. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- Dantas, J.P.; Marinho, F.J.L.; Ferreira, M.M.M.; Amorim, M. do S.N.; Andrade, S.I. de O.; Sales, A.L., de. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.
- Ferreira, P.A. Qualidade de água e manejo água-planta em solos salinos (Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação). Brasília: ABEAS, Viçosa: UFV, 2002. 141p.
- Ghassemi, F.; Jakeman, A.J.; Nix, H.A. Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies, CAB International, Egitto, 1995. 526p.

Tabela 3. Correlação dos parâmetros fisiológicos com a produção relativa de matéria seca total

Correlação	Equação	r ²
Produção de Wt x Potencial osmótico ¹	$\bar{y} = 179,15^{***}x + 237,08$	0,95
Produção de Wt x Teor de clorofila ¹	$\bar{y} = 3,1815*x - 76,805$	0,74
Produção de Wt x Taxa fotossintética ¹	$\bar{y} = 5,3571*x - 37,515$	0,66

*** significativos a nível de 0,1% e * 5% de probabilidade; ¹Unidades das variáveis: Wt em porcentagem, Potencial osmótico em MPa, Teor de clorofila em índice SPAD e Taxa fotossintética em $\mu\text{mol}^{-1}\text{s}^{-1}$

- Katerji, N.; van Horn, J.W.; Hamdy, A.; Mastrorilli, M. Salt tolerance classification of crops according to soil and to water stress day index. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.43, n.1, p.99-109, 2000.
- Maas, E.V.; Hoffman, G.J. Crop salt tolerance – Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. New York: v.103, p.115-134, 1977.
- Santos, D.B. Efeitos da salinidade sobre características químicas do solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção no feijoeiro irrigado. Viçosa: UFV. 2005. 78p. Tese Doutorado.
- Silveira, P.M. da; Stone, L.F. Manejo da irrigação do feijoeiro. Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. 78p. Comunicado Técnico 38