



# Índice diário de estresse hídrico do feijoeiro irrigado com água salina

Flávio G. Oliveira<sup>1</sup>; Paulo A. Ferreira<sup>1</sup>; Delfran B. dos Santos<sup>1</sup> & Giovanni de O. Garcia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31)3899 1911. Fax (31)3899-2735. E-mail: [flaviogoliveira@ibest.com.br](mailto:flaviogoliveira@ibest.com.br); [pafonso@ufv.br](mailto:pafonso@ufv.br); [delfran@universiabrasil.net](mailto:delfran@universiabrasil.net); [giovanni@vicosa.ufv.br](mailto:giovanni@vicosa.ufv.br)

Protocolo 10

**Resumo:** Objetivando determinar a produção relativa do feijoeiro cv. Talismã, em função do índice diário de estresse hídrico (WSDI), realizou-se um experimento em lisímetros de drenagem, sob ambiente protegido, no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. Em delineamento inteiramente casualizado, 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 ( $0,07 \text{ dS m}^{-1}$ ) e, para os demais, água salina ( $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), e três repetições. O feijoeiro cv. Talismã mostrou-se sensível à salinidade, entretanto, a melhor eficiência de uso de água, em condição salina, foi para fração de lixiviação de 31% e, em geral, a eficiência diminuiu com a redução das frações de lixiviação; o WSDI é eficaz para se determinar a produção relativa do feijoeiro sob condições de salinidade do solo.

**Palavras-chave:** salinidade, *Phaseolus vulgaris*, lixiviação, WSDI

## Water stress daily index in the bean plant irrigated with saline water

**Abstract:** With the objective of determining the yield of bean cv. Talismã as a function of the daily water stress index, an experiment was conducted in drainage lysimeters under greenhouse conditions at the Universidade Federal de Viçosa, MG. Treatments were arranged in a completely randomized design and consisted of seven leaching fractions corresponding to 40, 31, 25, 23, 16, 14 and 3% of the irrigation water depth. Fresh water ( $0.07 \text{ dS m}^{-1}$ ) was used for the leaching fraction of 3%, and saline water ( $2.0 \text{ dS m}^{-1}$ ) for the other treatments, both with three replications. The cv. Talismã bean showed to be sensitive to salinity, and the highest efficiency of water use, under saline conditions, was obtained for the leaching fraction of 31%. However, the efficiency tended to decrease as the leaching fractions were reduced. The daily water stress index showed to be efficient to determine the relative yield of the bean plant under saline conditions.

**Key words:** salinity, *Phaseolus vulgaris*, leaching, WSDI

## INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos e a pressão por água doce forçam a utilização de água de qualidade inferior na irrigação o que, associado a um manejo inadequado, tem salinizado vastas áreas, desde os tempos da antiga Mesopotâmia (Tanji, 1990).

Historicamente, a salinização das áreas de produção agrícola resulta na substituição de culturas mais sensíveis por outras tolerantes, o que, juntamente com as técnicas adequadas de manejo, têm possibilitado aos agricultores não apenas a utilização de áreas com problemas de salinidade mas,

também, a obtenção de produções economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

Sob condições de estresse salino, as plantas respondem de forma diferente, conforme a sua tolerância. Dentre as técnicas preconizadas de manejo de agricultura irrigada em condições de salinidade, a utilização de lâminas de lixiviação é eficaz no convívio com as adversidades do ambiente salino.

Quanto à determinação de parâmetros fisiológicos das culturas, correlacionados com o estresse salino, ainda há necessidades de estudos. Katerji et al. (1996) propuseram um método de determinação da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico, denominado índice diário de estresse hídrico (WSDI), que se baseia na hipótese deste índice ser eficaz à caracterização

da tolerância da cultura ao déficit hídrico causado pela escassez de água no solo ou pela salinidade. O decréscimo de produtividade é considerado resultado do déficit de água na folha durante a estação de crescimento.

Katerji et al. (2000) advertem que o WSDI não é um método simples, mas suficientemente sensível; entretanto, em centros de pesquisa bem equipados, a determinação do WSDI é indicada pois, ao se medir o potencial hídrico da folha, antes do amanhecer, no tratamento não-salino e naqueles sujeitos a diferentes salinidades, elimina-se o efeito das condições meteorológicas locais, as quais afetam a condutância estomática e a temperatura foliar. Dessa forma, o cálculo do WSDI dependerá somente da salinidade do solo, excluindo-se as dependências da demanda evapotranspirométrica e do regime de irrigação.

Conduziu-se este trabalho a fim de determinar a produção relativa do feijoeiro, cultivar Talismã, em função do WSDI decorrente do aumento dos níveis de salinidade do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal e condução do experimento

O trabalho foi conduzido em lisímetros de drenagem sob ambiente protegido, construídos na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, no campus da Universidade Federal de Viçosa.

O experimento foi instalado em 21 lisímetros, usando-se caixas de fibra de vidro com as dimensões de: 1,00 m de largura por 1,40 m de comprimento e 0,80 m de profundidade. As caixas foram enterradas a 0,75 m de profundidade, e preenchidas até 0,7 m com um Argissolo Vermelho Eutrófico, cujas características físico-hídricas estão apresentadas na Tabela 1.

Realizou-se a semeadura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. Talismã), 15 sementes por metro, no espaçamento de 0,5 m entre fileiras, em 23 de março de 2004, resultando numa população equivalente a 300.000 plantas por hectare.

Antes do plantio, o solo nos lisímetros foi salinizado, até atingir 3,6 dS m<sup>-1</sup>, aproximadamente, utilizando-se de água preparada com adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub>, na proporção de 3:2, proporção esta reinante na maioria das águas de poços utilizada em irrigação do Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992).

Apresentam-se, na Tabela 2, as características químicas das águas doce e salina utilizadas nas irrigações.

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento

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

Tabela 2. Características químicas das águas utilizadas nas irrigações

Água doce (AD)		Água salina (AS)	
Característica	Resultado	Característica	Resultado
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,08	Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	7,07
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05	K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,07	Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,68
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,04	Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05
pH	6,4	pH	6,8
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,34	RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	6,05
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,07	CE (dS m <sup>-1</sup> )	2,0
		Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	12,1*
Classificação	C <sub>1</sub> S <sub>3</sub>	Classificação	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>

\* Valor estimado por cálculo

O experimento foi montado em um delineamento 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<sup>-1</sup>) e, para as demais, usou-se água salina (2 dS m<sup>-1</sup>).

As lâminas de água de cada irrigação, foram calculadas com base na ETc e na fração de lixiviação, correspondente a cada tratamento. O intervalo entre irrigações foi determinado em função do fator de disponibilidade de água no solo para a cultura do feijoeiro (f = 0,5) de acordo com Bernardo (1996). Utilizou-se do balanço de água no solo como método de determinação da lâmina de irrigação.

### Determinação da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada

Coletaram-se, durante o experimento, amostras de solo para a determinação da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CEes). A amostragem foi realizada em três camadas, 0-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando-se de um tubo de cobre com diâmetro interno de 2,2 cm e comprimento de 80 cm.

A condutividade elétrica do extrato da pasta saturada foi estimada aplicando-se a Eq. 1.

$$\hat{y} = 7,2812x + 0,0405 \quad (1)$$

$$r^2 = 0,99***$$

em que:

$\hat{y}$  - estimativa da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), dS m<sup>-1</sup>

x - condutividade elétrica medida na solução sobrenadante (CE 1:5), dS m<sup>-1</sup>

### Medições fisiológicas e de produção

As medições do potencial hídrico da folha obedeceram à metodologia citada por Scholander et al. (1965), sendo realizadas no período entre 4:30 e 5:40 horas. As medições foram feitas no período compreendido entre o final da fase vegetativa e o enchimento de grãos, com intervalo de três dias entre as medições, em uma folha completamente desenvolvida, localizada na parte superior de uma planta de cada lisímetro (Katerji et al., 2000; Katerji et al., 2001).

### Índice diário de estresse hídrico (WSDI) e produção relativa

Após a colheita, em 23/06/04, e a secagem dos grãos, determinaram-se as produtividades por tratamento sendo calculado o WSDI, utilizando-se do valor médio por tratamento do potencial hídrico foliar. A produção relativa foi calculada em função do WSDI, conforme a metodologia proposta por Katerji et al. (2000), empregando-se as Eq. 2 e 3:

$$WSDI = \frac{\sum_{i=1}^n (\psi_c - \psi_s)}{n} \quad (2)$$

em que:

$\psi_c$  - valor diário do potencial hídrico antemanhã da folha, do tratamento controle com água doce, ao longo da estação de crescimento da planta, MPa

$\psi_s$  - valor diário do potencial hídrico antemanhã da folha, de cada tratamento, durante o período das medições, MPa

n - número de dias desde a primeira medição até o início da senescência da folha

$$Y = a - b \times WSDI \quad (3)$$

em que

Y - produção relativa, %

a - valor da ordenada, a qual deve ser aproximadamente igual a 100

b - perda percentual de produção relativa por unidade de acréscimo do WSDI, adimensional

WSDI - índice diário de estresse hídrico, MPa

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Evapotranspiração da cultura, produtividade e eficiência de uso da água pelo feijoeiro

Conforme a Tabela 3, o aumento da fração de lixiviação proporcionou redução na salinidade média do solo, estando de acordo com diversos trabalhos (Rhoades & Loveday, 1990; Ayers & Westcot, 1985; Hanson et al., 1999). Por outro lado, diminuições na fração de lixiviação provocaram redução na evapotranspiração, evidenciando a indisponibilização da água para a cultura, em virtude de redução do potencial total de água do solo, estando de acordo com dados relatados por Santos (2005), que verificou redução da condutância estomática e, conseqüentemente, da transpiração do feijoeiro.

A redução da evapotranspiração no tratamento mais salino (FL de 14%), em relação ao tratamento testemunha, foi de 39%, enquanto a redução da produtividade de grãos foi da ordem de 63%, demonstrando que o feijoeiro é altamente sensível ao déficit hídrico, principalmente em ambiente salino, onde a amplitude dos problemas é, geralmente, aumentada.

Ainda na Tabela 3, se observa que a eficiência de uso da água diminuiu sempre que a salinidade do solo aumentou, sendo este resultado semelhante àqueles encontrados por Katerji et al. (2001) para as culturas de lentilha e grão-de-bico; todavia, os valores de eficiência de uso de água, encontrados neste estudo, são maiores que os indicados por Doorenbos & Kassam (1979), sendo a constituição genética da cultivar uma possível causa desses resultados.

Observa-se, ainda, que a maior eficiência de uso de água e, também, a maior produção por lâmina de irrigação foram registrados no tratamento testemunha. Nas condições experimentais, sobretudo em solo com CEes acima de 5 dS m<sup>-1</sup>, a fração de lixiviação de 31 % resultou em maior produção por milímetro de água aplicada, embora com, praticamente, a mesma eficiência de uso de água que o tratamento com fração de lixiviação de 40 %. Com base nessas relações, é possível se definir, em função da expectativa de preço do feijão, na época da colheita, e do custo da irrigação (água e energia), a melhor opção de trabalho.

### Determinação do índice diário de estresse hídrico

No tratamento irrigado com água doce foram observados os maiores valores de potencial hídrico foliar (Figura 1), ao longo do ciclo, reduzindo-se, em geral, com a diminuição da fração de lixiviação, ou seja, com o aumento da salinidade média do solo. Com redução do potencial hídrico foliar, a cultura se adaptou ao estresse salino, garantindo a extração de água do solo. Observa-se, também, que, logo após as irrigações (dias 47, 60 e 79 após a semeadura), ocorreu aumento do potencial hídrico foliar em todos os tratamentos, caracterizando uma maior disponibilidade hídrica no solo. Este comportamento, mostrado na Figura 1, foi encontrado, também, por Katerji et al. (1996), Katerji et al. (1997) e Katerji et al. (2001), em culturas de milho, girassol, beterraba açucareira e lentilha.

Tabela 3. Salinidade média do solo (CEes), evapotranspiração, produtividade do feijão, eficiência de uso de água e relação produção/irrigação

Tratamento	CEes (dS m <sup>-1</sup> )	Lâmina de irrigação (mm)	ETc (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Efic. de uso de água (kg m <sup>-3</sup> )*	Relação Produção / Irrigação (kg mm <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	0,81	293,1	283,52	3.449,0	1,216	11,77
FL 40%	4,50	312,3	189,54	1933,0	1,02	6,19
FL 31%	5,32	267,5	185,75	1861,0	1,02	6,95
FL 25%	5,42	237,2	176,73	1448,0	0,819	6,10
FL 23%	5,45	224,05	173,09	1394,3	0,806	6,22
FL 16%	5,75	211,3	176,65	1267,8	0,718	6,00
FL 14%	5,79	201,8	173,05	1262,0	0,729	6,25

\*kg de grão por metro cúbico de água evapotranspirada

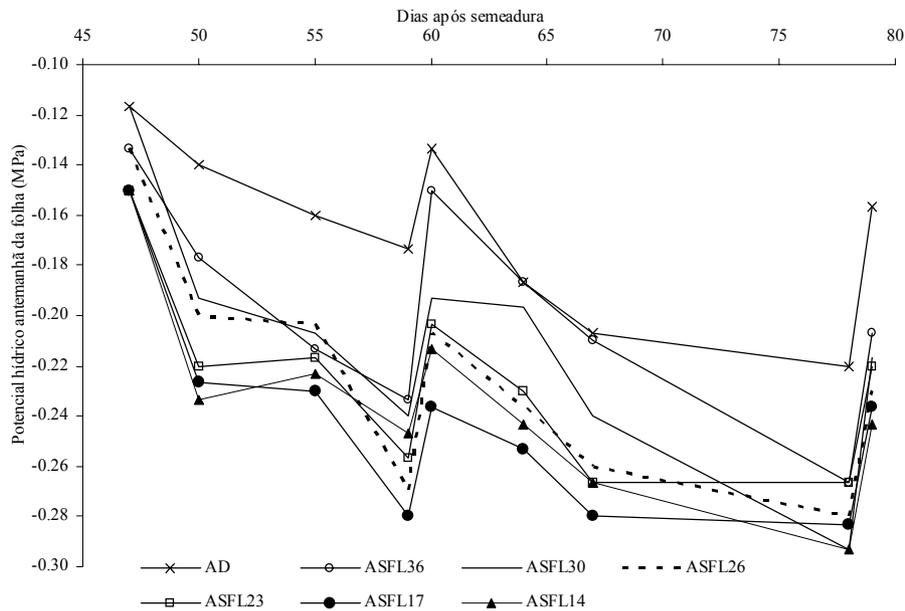


Figura 1. Potencial hídrico antemanhã na folha do feijoeiro, determinado ao longo do ciclo fenológico, para águas doce (AD) e salina (AS) nas diversas frações de lixiviação

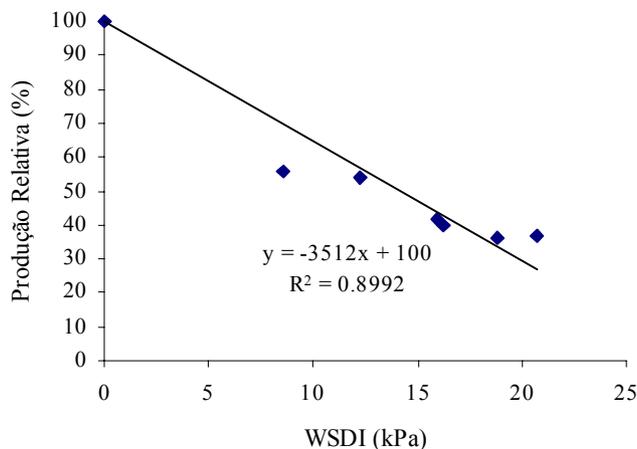


Figura 2. Produção relativa de grãos de feijoeiro, em função do WSDI

Na Figura 2 estão dados da produção relativa de grãos, em função do WSDI do feijoeiro, podendo-se observar uma correlação de 90%, aproximadamente, na regressão linear. A equação, ajustada aos dados, mostra decréscimo da produção relativa com o aumento do WSDI previsto, concordando com resultados divulgados por Katerji et al. (2003) para diversas culturas. No caso do feijoeiro, evidencia-se, portanto, a alta sensibilidade ao déficit hídrico agravado pela condição salina do solo.

## CONCLUSÕES

1. O feijoeiro cv. Talismã mostrou-se sensível à salinidade, sendo a melhor eficiência de uso de água obtida com a fração de lixiviação de 31% e, em geral, a eficiência de uso de água diminuiu com a redução da fração de lixiviação.

2. O WSDI mostrou-se eficaz para determinar a produção relativa do feijoeiro sob condições de salinidade do solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

## LITERATURA CITADA

- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174p. Irrigation and drainage. Paper n.29.
- Bernardo, S. Manual de irrigação. 6ª ed. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1996. 657p.
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 193p. Irrigation and drainage. Paper n.33.
- Hanson, B.; Grattan, S.R.; Fulton, A. Agricultural salinity and drainage. Davis: University of Califórnia, 1999. 159p.
- Katerji, N.; van Horn, J.W.; Hamdy, A.; Karam, F.; Mastrorilli, M. Effect of salinity on water stress, growth and yield of maize and sunflower. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, n. 30, p.237-249, 1996.
- Katerji, N.; van Hoorn, J.W.; Hamdy, A.; Mastrorilli, M.; Karzel, E.M. Osmotic adjustment of sugar beets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, n. 34, p. 57-69, 1997.
- 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, n.47, p.99 – 109, 2000
- Katerji, N.; van Horn, J.W.; Hamdy, A.; Mastrorilli, M.; Oweis, T.; Malhotra, R.S. Response to soil salinity of two chickpea varieties differing in drought tolerance. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, n. 50, p.83-96, 2001.

- Katerji, N.; van Horn, J.W.; Hamdy, A.; Mastrorilli, M. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, n.1815, p.1-30, 2003.
- Medeiros, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 137p. Tese Mestrado.
- Rhoades, J.D.; Loveday, J. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, B. A.; Nielson, D. R. (ed.) *Irrigation of agriculture crops*. Madison: ASA, 1990. p.1089-1142.
- Santos, D.B dos. Efeitos da salinidade sobre características químicas do solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção no feijoeiro irrigado. Viçosa: UFV, 2005. 78p. Tese Doutorado.
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Hemingsen, E.E.; Bradstreet, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of National Academy Science*, New York: v.51, p.119-125, 1965.
- Tanji, K.K. Nature and extend of agricultural salinity In: Tanji, K. K. (ed.) *Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASAE: 1990. p.1-17.