

## CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO

João Valdenor Pereira Filho<sup>1</sup>, Francisco Marcus Lima Bezerra<sup>2</sup>, Tiago Cavalcante da Silva<sup>3</sup>, Carmem Cristina Mareco de Sousa Pereira<sup>4</sup>

### RESUMO

Em áreas irrigadas, é comum o surgimento de solos afetados por sais causados pelo manejo inadequado da irrigação, de modo que importantes extensões de terras férteis e agricultáveis, no muito inteiro, vêm cada vez mais tornando-se salinas. Objetivou-se, analisar o crescimento vegetativo de duas cultivares de feijão-caupi irrigado com água de diferentes salinidades e déficit hídrico. O experimento foi conduzido em vasos, a céu aberto, sob um delineamento estatístico de blocos ao acaso em parcelas subsubdivididas. Os dois regimes hídricos (parcelas) foram baseados pela evapotranspiração potencial da cultura (100 e 50% da ETc), já os níveis de salinidade da água de irrigação (0,95; 2,45; 3,95; 5,45 e 6,95 dS m<sup>-1</sup>) foram distribuídos nas subparcelas enquanto as cultivares (Epace 10 e BRS Itaim) nas subsubparcelas. Avaliaram-se a altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea. O aumento da concentração de sais na água de irrigação reduziu a altura das plantas, o número de folhas e a massa seca da parte aérea. A interação entre os níveis de salinidade e as cultivares demonstrou que a cultivar Epace 10 é mais tolerante às condições de manejo impostas.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* L, irrigação, morfologia.

## VEGETATIVE GROWTH COWPEA CULTIVATED UNDER SALINITY AND WATER DEFICIT

### ABSTRACT

In irrigated areas, the emergence of soil affected by salts caused by inadequate management of irrigation is common, so that important extensions of fertile and arable land, in the very whole, are increasingly becoming salt flats. This study aimed to analyze the vegetative growth of two cowpea cultivars irrigated with water of different salinity and drought. The experiment was conducted in pots the open air, under an experimental design of randomized blocks in split

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Bolsista PNPd, UFC, e-mail: joao\_valdenor@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Agronomia, Professor da UFC, e-mail: mbezerra@ufc.br;

<sup>3</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, e-mail: tiago.cavalcante@hotmail.com

<sup>4</sup> Doutora em Engenharia Agrícola, UFRPE, e-mail: crismareco@hotmail.com

plots. The two water regimes (plots) were based on the potential crop evapotranspiration (100 and 50% of ETc). Already irrigation water salinity levels (0.95; 2.45; 3.95; 5.45 and 6.95 dS m<sup>-1</sup>) were distributed in the subplots as cultivars (Epace 10 and BRS Itaim) in subsubplots. Evaluations of plant height, leaf number, stem diameter, leaf area e shoot dry weight. The increased concentration of salts in irrigation water reduced the plant height and number of leaves. The interaction between salinity levels and cultivars showed that cultivate Epace 10 is more tolerant to handling imposed.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* L. irrigation. morphology.

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, dada a grande expansão de seu cultivo, tem alcançado novos mercados e perspectivas de comercialização, exigindo assim de seus produtores, a aplicação de um manejo mais adequado para a garantia de um produto de qualidade e mais competitivo no mercado brasileiro. Apesar de ser considerado uma cultura de subsistência, o uso da irrigação tem sido uma prática recorrente no cultivo do feijão-caupi (FURTADO et al., 2013).

De acordo com Mousinho et al. (2008), a prática da irrigação garante a viabilidade econômica do cultivo dessa leguminosa, principalmente em regiões onde há baixa disponibilidade hídrica. No caso do Nordeste, com o uso dessa tecnologia, as produtividades obtidas têm sido muito boas. Entretanto o uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta e à deficiência do sistema de drenagem tem causado sérios problemas de salinidade em áreas irrigadas (ASSÍS JÚNIOR et al., 2007).

O caupi é considerado altamente sensível (FREITAS et al., 2014), moderadamente sensível até moderadamente tolerante à salinidade (ASSÍS JÚNIOR et al., 2007). É importante destacar, no entanto, que o efeito depressivo do estresse salino nesta cultura, irá depender do estágio fenológico da planta, da intensidade e duração do estresse, do manejo da irrigação (GHEYI et al., 2005), como também da espécie vegetal que se está avaliando, pois, de acordo com Dantas et al. (2002), há casos em que indivíduos de um mesmo genótipo respondem diferentemente à ação de níveis crescentes de uma mesma fonte salina.

A concentração elevada de sais no solo condiciona um ambiente hostil à maioria das plantas, prejudicando o comportamento vegetativo, pela ação direta sobre o potencial osmótico e íons potencialmente tóxicos (FREIRE et al., 2010). Assim, a inconveniência da sensibilidade das culturas aos sais da água e do solo, evidencia a necessidade de pesquisas que tenham como meta a obtenção de tecnologias viáveis para os produtores e que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade às plantas, já que é quase inevitável a utilização de águas salinas na agricultura em regiões semiáridas (DIAS et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento vegetativo de duas cultivares de feijão-caupi cultivado sob níveis de salinidade da água de irrigação associados a dois regimes hídricos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, pertencente a Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza, estado do Ceará, com coordenadas geográficas 03°45'S, 38°33'W, altitude média 19 m, no período de Agosto de 2014 a Dezembro de 2014. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso, com temperaturas elevadas e com estação chuvosa predominante no outono. Foram utilizadas duas cultivares de feijoeiro (Epace 10 e BRS Itaim).

## CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO

A área útil total ocupada com o feijão-caupi foi de  $24,0 \times 3,0 \text{ m} = 72,0 \text{ m}^2$ , onde foram instalados os 180 vasos plásticos, que possuíam volume de 15 litros. Cada parcela, individualmente, ocupava uma área útil de  $12,0 \text{ m}^2$ , sendo composta por 30 vasos, distribuídos em cinco linhas de plantio. Já as subparcelas ocuparam, isoladamente, uma área útil de  $2,4 \text{ m}^2$ , sendo composta de seis vasos distribuídos por linha de plantio. E as subsubparcelas, com três vasos cada, ocuparam uma área útil de  $1,2 \text{ m}^2$ .

Como substrato para o cultivo das plantas, foi utilizado o solo Argiloso Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006) com textura franco arenoso, misturado com um composto orgânico de húmus de minhoca, na proporção de 2:1.

A aplicação dos fertilizantes químicos da fundação foi realizada, baseada na análise de solo e exigências nutricionais da cultura obedecendo às prescrições de Aquino *et al.* (1993). As quantidades necessárias de macronutrientes foram às seguintes:  $20,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio (N),  $80,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo (P) e  $30,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio (K), sendo utilizados como fontes a ureia, o fosfato monoamônio (MAP) e o cloreto de potássio, respectivamente.

O plantio foi feito semeando-se em média de três a quatro sementes por vaso. Aos 7 dias após a semeadura (DAS), observou-se uma germinação de aproximadamente 90%. No desbaste, realizado manualmente aos 10 DAS, às plantas foram arrancadas rente ao solo deixando-se duas plantas por vaso, de forma a se obter o estande de plantas almejado pelo experimento. O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subsubdivididas, onde os tratamentos de regime hídrico com 100 e 50% da ETc foram considerados as parcelas, já os níveis de salinidade ficaram distribuídos nas subparcelas, enquanto as cultivares alocaram-se nas subsubparcelas.

Os níveis de salinidade da água de irrigação definidos foram os correspondentes a: S1, nível de salinidade de  $0,95 \text{ dS m}^{-1}$  (água proveniente de um poço freático); S2, nível de salinidade de  $2,45 \text{ dS m}^{-1}$ ; S3, nível de

salinidade de  $3,95 \text{ dS m}^{-1}$ ; S4, nível de salinidade de  $5,45 \text{ dS m}^{-1}$ ; S5, nível de salinidade de  $6,95 \text{ dS m}^{-1}$ .

Cada parcela foi dividida em cinco subparcelas, onde foram distribuídos aleatoriamente os níveis de salinidade adotados acima. E dividindo-se as subparcelas, foram também distribuídos as cultivares (BRS Itaim e Epace 10) de acordo com o sorteio realizado, onde nos três primeiros vasos foram semeados uma das cultivares sorteada e nos outros três vasos restantes a outra cultivar.

A água utilizada para abastecimento do sistema de irrigação era proveniente de um poço cujo resultado da análise da qualidade da água para fins de irrigação foram:  $1,3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$ ;  $3,1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ ;  $4,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ Na}^{+}$ ;  $0,4 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ K}^{+}$ ;  $5,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ Cl}^{-}$  referente aos cátions;  $4,3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ HCO}_3^{-}$  referente aos ânions; CE =  $0,95 \text{ dS m}^{-1}$ ; RAS = 3,05; pH = 8,0; sólidos dissolvidos =  $950 \text{ mg L}^{-1}$ ; classificação C<sub>3</sub> S<sub>1</sub>. Pelo resultado, constatou-se que a água em questão apresenta alta salinidade (C<sub>3</sub>) e baixo conteúdo de sódio (S<sub>1</sub>).

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se emissores com vazão variável de até  $10 \text{ L h}^{-1}$ , os quais foram previamente avaliados em campo, sob condições normais de operação, conforme a metodologia descrita por Keller e Karmelli (1975). Na ocasião, o sistema de irrigação foi testado adotando-se uma vazão nominal de  $2 \text{ L h}^{-1}$ , cujo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) apresentado foi de aproximadamente 90%.

O método de manejo de irrigação adotado foi via clima. Para a determinação da evapotranspiração da cultura – ETc, adotou-se a metodologia proposta por Bernardo *et al.* (2008), onde, primeiramente, procedeu-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo).

Para a determinação da estimativa diária da evapotranspiração de referência – ETo foi utilizado um tanque evaporímetro do tipo Classe A, localizado nas imediações da área experimental, pertencente à estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, nos quais as leituras eram aferidas diariamente às 9 h. A evapotranspiração de

referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada através da equação 1 (BERNARDO et al., 2008):

$$ET_o = ECA \cdot Kt \quad (1)$$

em que: ET<sub>o</sub> - Evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm);

$$Kt = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 U + 0,0045 UR \quad (2)$$

em que: F - Distância do centro do tanque ao limite da bordadura (tanque circundado por grama a 10 m); U - Velocidade média do vento a 2 m de altura (km dia<sup>-1</sup>); UR - Umidade relativa média do ar (%).

Os dados climáticos necessários para o cálculo do (Kt) foram obtidos mediante a média aritmética dos últimos cinco anos, para os meses nos quais o experimento foi conduzido, sendo coletados em uma estação meteorológica automatizada, localizada nas imediações da área experimental. Já a evapotranspiração da cultura foi estimada (ET<sub>c</sub>), através da equação 3, mediante a multiplicação da evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), segundo Bernardo et al. (2008).

$$ET_c = ET_o \cdot Kc \quad (3)$$

em que: ET<sub>c</sub> - Evapotranspiração da cultura (mm); ET<sub>o</sub> - Evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm); K<sub>c</sub> - Coeficientes de cultivo.

Foi adotado os coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) igual a 0,70 (até 12 dias após o plantio, DAP); 0,81 (de 13 a 33 DAP); 1,2 (de 34 a 54 DAP) e 0,77 (de 55 DAP ao final do ciclo), conforme o proposto por Souza et al. (2005). O tempo de irrigação, utilizado foi calculado a partir da equação 4:

$$T_i = \frac{ET_c \cdot A_v}{CUD \cdot q_g} \quad (4)$$

em que: T<sub>i</sub> - Tempo de irrigação (h); ET<sub>c</sub> - Evapotranspiração da cultura (mm); A<sub>v</sub> - Área do vaso (m<sup>2</sup>) (0, 0706 m<sup>2</sup>); CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição de

ECA - Evaporação medida através do Tanque Classe “A” (mm); K<sub>t</sub> - Coeficiente de ajuste do tanque (adimensional).

Para a obtenção do (K<sub>t</sub>), foi utilizada a equação proposta por SNYDER (1992), apresentada abaixo:

água do sistema de irrigação (Valor obtido em avaliação, CUD = 0,90); q<sub>g</sub> - Vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup> (q<sub>g</sub> = 2 L h<sup>-1</sup>);

Após o plantio das sementes de feijão-caupi, o experimento foi irrigado diariamente com uma lâmina equivalente a 100% da evapotranspiração da cultura – ET<sub>c</sub>, a fim de garantir o estabelecimento inicial da cultura, até o início da diferenciação dos tratamentos, que se deu aos 10 dias após o plantio – DAP, mediante a variação dos níveis de salinidade da água de irrigação, com uma frequência equivalente há dois dias consecutivos.

Em reservatórios com capacidade de 310 L, a quantidade dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, utilizadas no preparo das águas de irrigação foi determinada de forma a se obter a CE<sub>a</sub> desejada na proporção 7:2:1 obedecendo a relação entre CE<sub>a</sub> e sua concentração (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = CE x 10), conforme Rhoades et al., (2000).

Aos 45 dias após o plantio - DAP, a fim de mensurar os efeitos dos diferentes tratamentos sobre as características morfológicas das cultivares foram determinadas as seguintes variáveis: altura das plantas, considerada a distância entre o colo da planta e a emissão da folha mais nova, aferida por meio de trena graduada, expressa em cm; diâmetro do caule, obtido pela medição a uma distância de aproximadamente 3 centímetros do colo da planta, sendo aferido por meio de paquímetro digital, expresso em mm; número de folhas, obtido pela contagem manual a partir da folha n° 1 a partir do ápice, expresso em unidades; área foliar, obtido através da utilização de um integrador de área (LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA), expresso em cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>. A produção de massa seca da

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO**

parte aérea foi realizada por meio do arranquio das plantas, onde as folhas e caules foram acondicionadas em sacos de papel e, em seguida, colocadas para secar em estufa a 60 °C, até atingirem valor constante de matéria seca, sendo expresso em g planta<sup>-1</sup>.

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo dos fatores quantitativos (salinidade e suas respectivas interações com os demais fatores, regimes hídricos e cultivares) na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se optar por aquele modelo matemático que melhor se ajustou aos dados do experimento, tendo em vista os coeficientes de determinação

R<sup>2</sup>, o valor do teste F da análise de variância utilizando-se, para isso, o software para análises estatísticas Assistat 7.7 beta.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 verifica-se que todas as variáveis de crescimento foram afetadas significativamente pelos fatores estudados (regime hídrico, salinidade e cultivares); para os tratamentos que não apresentaram significância entre as interações dos fatores analisados (altura das plantas e produção de massa seca da parte aérea), os resultados foram apresentados através da análise isolada dos fatores.

**Tabela 1** - Resumo das análises das variâncias para os dados de altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea do feijoeiro caupi, cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e regimes hídricos.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Alt	ø <sub>c</sub>	N <sub>f</sub>	A <sub>F</sub>	MSPA
Blocos	2	14,46 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	5,55 <sup>ns</sup>	70375,6 <sup>ns</sup>	9,01 <sup>ns</sup>
Regime Hídrico (A)	1	0,01 <sup>ns</sup>	6,52*	8,06 <sup>ns</sup>	595845,2*	87,8 <sup>ns</sup>
Resíduo - A	2	6,66	0,08	14,71	8150,5	25,0
Parcelas	5					
Salinidade (B)	4	145,5**	21,7**	149,8**	3308411,1**	351,9**
Interação - A x B	4	4,64 <sup>ns</sup>	0,04*	2,27 <sup>ns</sup>	11823,8 <sup>ns</sup>	3,29 <sup>ns</sup>
Resíduo - B	16	14,04	0,44	10,59	25227,1	8,95
Subparcelas	29					
Cultivares (C)	1	277,3**	1,24*	26,66**	359335,7**	82,1*
Interação - A x C	1	36,81 <sup>ns</sup>	1,46*	0,01**	56088,0 <sup>ns</sup>	8,08 <sup>ns</sup>
Interação - B x C	4	5,97 <sup>ns</sup>	1,30**	4,45 <sup>ns</sup>	62400,2*	6,49 <sup>ns</sup>
Interação - A x B x C	4	3,19 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	29357,8 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
Resíduo - C	20	11,58	0,25	2,66	21443,1	11,62
Total	59					
C.V - A (%)		6,93	3,40	39,55	9,97	14,63
C.V - B (%)		10,05	7,86	33,55	17,53	8,75
C.V - C (%)		9,13	5,98	16,83	16,17	9,97

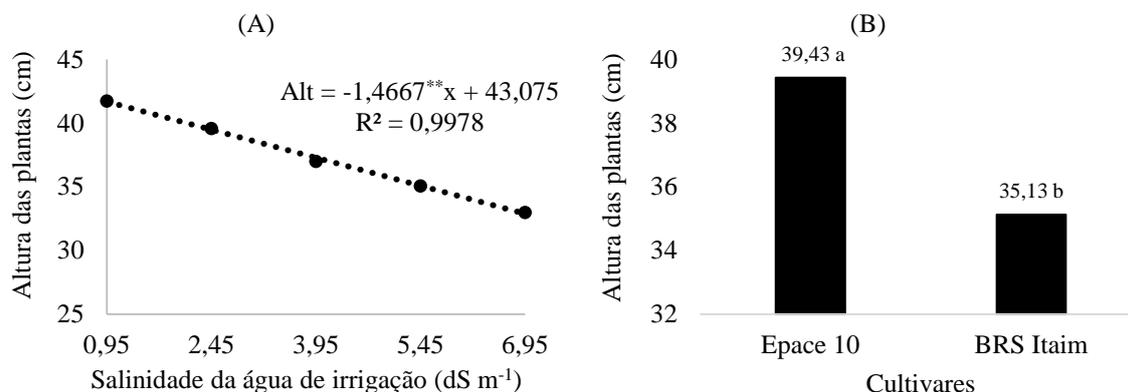
FV: Fontes de variação; GL: Graus liberdade; Alt: Altura das plantas; ø<sub>c</sub>: diâmetro de caule; N<sub>f</sub>: número de folha; A<sub>F</sub>: área foliar; MSPA: matéria seca da parte aérea; (\*) Significativo pelo teste F a 5%; (\*\*) Significativo pelo teste F a 1%; <sup>ns</sup>: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação.

Na Figura 1A, observa-se um decréscimo na altura das plantas mediante o aumento nos níveis de salinidade da água de irrigação, onde, o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo linear, revelando uma

diferença percentual de 21,1% entre os tratamentos de menor salinidade (0,95 dS m<sup>-1</sup>) e maior salinidade da água de irrigação (6,95 dS m<sup>-1</sup>). Esses resultados estão em conformidade com os obtidos por Lima et al. (2007), os quais

observaram diminuição na altura do feijoeiro *Vigna* em cerca de 42,8%

nas plantas irrigadas com água contendo salinidade de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ .



**Figura 1.** (A) Altura das plantas de feijoeiro caupi em função de níveis de salinidade da água de irrigação; (B) Altura das plantas de cultivares de feijão-caupi (Epace 10 e BRS Itaim), associadas ao manejo da irrigação com água de diferentes salinidades e regimes hídricos.

Para as cultivares, a maior altura do feijoeiro foi observada para a Epace 10 (39,43 cm), enquanto a cultivar BRS Itaim apresentou 35,13 cm de altura (Figura 1B). Resultados semelhantes foram apresentados por Garcia et al. (2010), que avaliando as respostas de 30 genótipos de feijoeiro à salinidade, constataram que o crescimento de todos os genótipos estudados foram afetados significativamente pela salinidade. Já Dutra et al. (2013) avaliando a altura das plantas de três genótipos de feijão-caupi (BRS Aracé; BR17 Gurgéia; BRS Marataoã) sob quatro níveis de reposição hídrica (40, 60, 80 e 100 % da  $ET_0$ ), constatou influência significativa sobre esta variável.

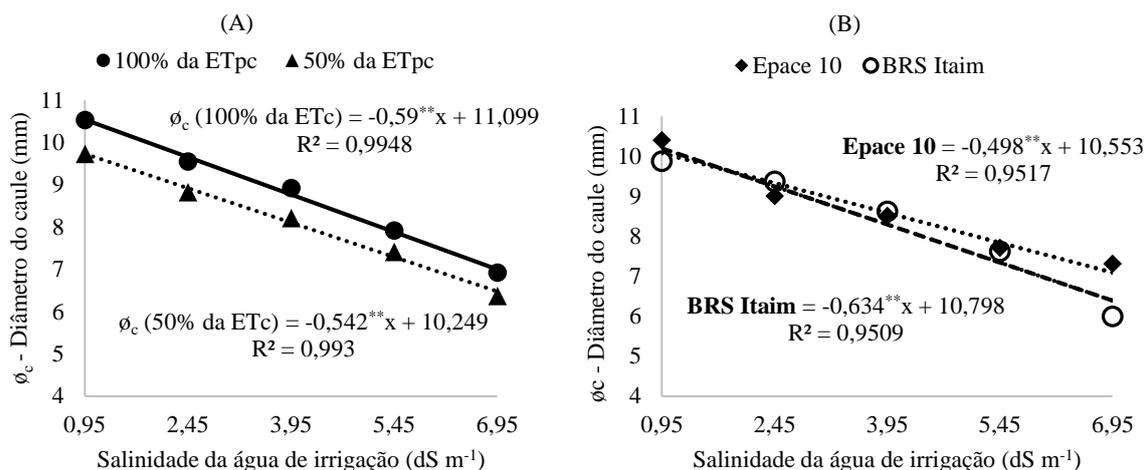
Os resultados percorridos na literatura quanto às respostas da variável altura de plantas são divergentes, sendo que, em algumas pesquisas os genótipos apresentaram redução da estatura de planta devido ao fato do estresse hídrico ou salino, reduzir o turgor das células e, conseqüentemente, o seu

crescimento (COSTA et al., 2008), porém, em outros trabalho, ocorre um aumento, quando submetidos ao estresse hídrico ou salino, consequência do estiolamento das plantas quando submetidas a essas condições (AGUIAR et al., 2008).

Na Figura 2A observa-se um decréscimo no diâmetro do caule em função das diferentes concentrações de sais na água de irrigação, para os regimes hídricos de 50% e 100% da  $ET_c$ , sendo a equação que melhor representou a resposta das plantas foi do tipo linear, respectivamente. Similarmente, Sousa et al. (2015) também constataram uma redução no diâmetro do caule nos mesmos regimes hídricos adotados nesta pesquisa.

A redução do diâmetro do caule das plantas nos dois regimes hídricos (50% e 100% da  $ET_c$ ), evidência uma resposta da cultura do feijoeiro ao estresse hídrico e salino, como forma de garantir a absorção de água do solo para manter, parcialmente, a atividade fisiológica das plantas (GARCIA et al., 2009).

CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO



**Figura 2** – (A) Diâmetro do caule ( $\phi_c$ ) de feijão-caupi em regimes hídricos de 50% da ET<sub>c</sub> (▲) e 100% da ET<sub>c</sub> (●); (B) Diâmetro do caule ( $\phi_c$ ) do feijoeiro caupi, cultivar Epace 10 (◆) e BRS Itaim (○), em função de níveis de salinidade da água de irrigação.

Observa-se ainda na Figura 2B que as cultivares Epace 10 e BRS Itaim proporcionaram um modelo linear decrescente para o diâmetro do caule ( $\phi_c$ ), com o aumento da salinidade da água de irrigação. Na cultivar Epace 10 a relação entre o menor (0,95 dS m<sup>-1</sup>) e maior (6,95 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade, propiciou um decréscimo nesta variável de 29,66%, já para a cultivar BRS Itaim o decréscimo foi de 37,29%. Resultados semelhantes são apresentados por Silva et al. (2009) ao verificarem uma redução 34,69% na cultivar ‘Quarentinha’.

Andrade et al. (2013) trabalhando em casa de vegetação com a cultura do feijão-caupi (BRS-Potengi, BRS Pajeú e BRS-Guariba), verificaram decréscimos de 13,63; 22,46 e 16,62%, respectivamente, quando comparados os tratamentos de menor (0,6 dS m<sup>-1</sup>) e maior (5,1 dS m<sup>-1</sup>) nível salino.

Aguiar et al. (2008) afirmam que o feijoeiro não tem seu crescimento afetado quando a água disponível no solo é mantida acima de 50% da água disponível, já que

mecanismos de escape e de tolerância são demandados para deficiências hídricas mais severas (JONGDEE et al., 2006). Além disso, Guimarães et al. (2011) afirmam que o melhor estado hídrico pode estar associado tanto a mecanismo de contenção excessiva de perda de água como ao de melhor eficiência de absorção de água.

Os valores médios de diâmetro do caule para as cultivares de feijão-caupi, Epace 10 e BRS Itaim, sob os regimes hídricos de 100% e 50% da ET<sub>c</sub>, encontram-se expressos na Tabela 2. Observa-se que entre as cultivares estudadas, a maior média observada foi para a cultivar Epace 10 (9,07 mm) irrigada com uma lâmina de 100% da ET<sub>c</sub>, superando em 7,08% a cultivar BRS Itaim (8,47 mm), neste mesmo regime hídrico. Corroborando com os resultados apresentados por Vale et al. (2012) que, avaliando a tolerância ao déficit hídrico em nove genótipos de feijão, constatou que a cultivar IPR Chopim apresentou maior valor médio de diâmetro do caule entre os genótipos avaliados.

**Tabela 2** – Valores médios do diâmetro do caule ( $\phi_c$ ) na interação entre duas cultivares de feijão-caupi, cultivadas sob dois regimes hídricos.

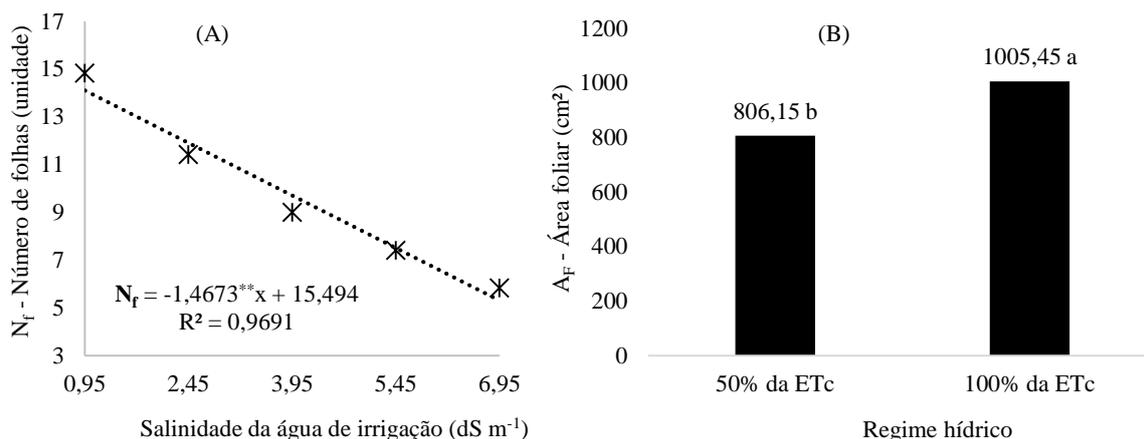
Regime Hídrico	Cultivares	
	Epace 10	BRS Itaim
50% da ET <sub>c</sub>	8,10 bA	8,12 bA
100% da ET <sub>c</sub>	9,07 aA	8,47 aB

<sup>b</sup>DMS coluna = 0,3162; DMS linha = 0,3847

$\phi_c$  – Diâmetro do caule (mm); <sup>b</sup>DMS – Diferença mínima significativa; Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando-se o efeito das diferentes concentrações de sais na água de irrigação, constatou-se redução no número de folhas (Figura 3A), sendo a equação que melhor representou a resposta das plantas do tipo linear. Comparando os níveis de maior e menor salinidade, constatou-se uma redução de

62,48%. Corroborando com os resultados de Lima et al. (2007) e Silva et al. (2009), ao constatarem, respectivamente, reduções de 48,7% e 41,95% com o aumento da concentração salina da água de irrigação no número de folhas do feijão-caupi.



**Figura 3.** (A) Número de folhas ( $N_f$ ) do feijoeiro caupi em função de níveis de salinidade da água de irrigação; e (B) Área foliar ( $A_f$ ) do feijão-caupi irrigada sob regimes hídricos de 50% e 100% da ETC.

A diminuição no número de folhas no feijão caupi pode estar relacionada ao menor crescimento da planta devido à restrição no processo de absorção; como consequência, ocorre redução do fluxo de água no sentido solo-planta-atmosfera ocasionando alterações morfológicas e anatômicas na planta (COELHO et al., 2013).

A resposta da área foliar do feijoeiro caupi sob as lâminas de irrigação aplicadas de 50% e 100% da ETC pode ser observada, também, na Figura 3B. O maior valor médio para a área foliar foi constatado sob um regime hídrico de 100% da ETC, superando em 24,72% o valor encontrado sob um regime hídrico de 50% da ETC. Resultados semelhantes foram apontados por Freitas et al. (2014), ao constatarem redução da área foliar da cultivar de feijão-caupi BRS Guariba dada a paralisação da emissão de novas folhas nos

tratamentos submetidos ao veranico.

Os valores médios do número de folhas para a interação entre as cultivares de feijão-caupi, Epace 10 e BRS Itaim e regimes hídricos de 100% e 50% da ETC, encontram-se expressos na Tabela 3. Observa-se que entre as cultivares estudadas, a maior média observada foi para cultivar Epace 10 (10,73 mm) irrigada com uma lâmina de 100% da ETC, superando em 12,39% a cultivar BRS Itaim (9,40 mm), neste mesmo regime hídrico. Resultados semelhantes aos observados por Maia et al. (2013), que trabalhando com três cultivares de feijão-caupi (Seridó, Epace 10 e TVU-4552) submetidos à deficiência hídrica na fase vegetativa, em casa de vegetação, constatarem que o genótipo Epace 10, apresentou o maior número de folhas por planta irrigadas sem estresse hídrico.

**Tabela 3** – Valores médios do número de folhas ( $N_f$ ) na interação entre duas cultivares de feijão-caupi, cultivadas sob dois regimes hídricos.

#### Cultivares

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO**

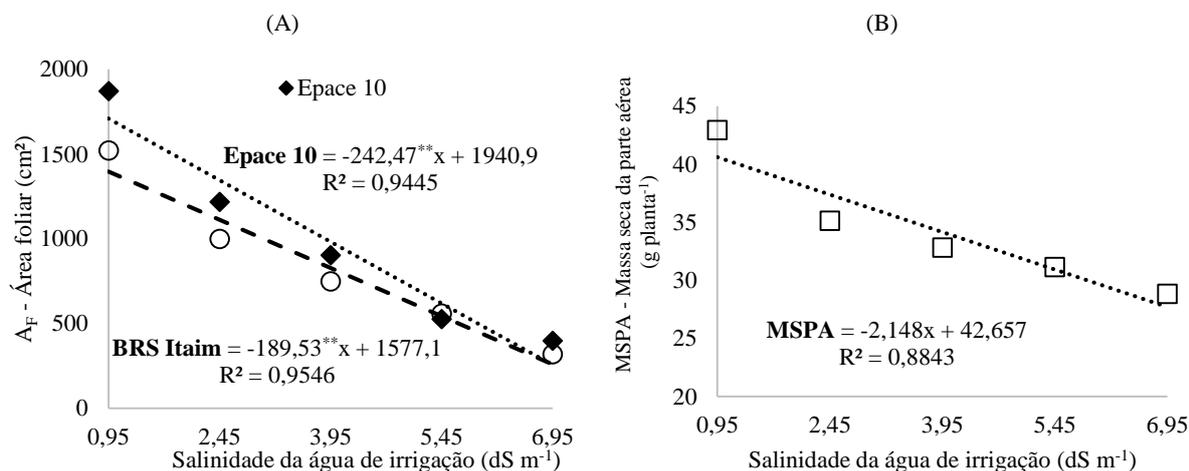
<b>Regime Hídrico</b>	<b>Epace 10</b>	<b>BRS Itaim</b>
50% da ETc	10,00 aA	8,67 aB
100% da ETc	10,73 aA	9,40 aB

<sup>b</sup>DMS coluna = 3,4255; DMS linha = 1,2438

N<sub>f</sub> – Número de folhas; <sup>b</sup>DMS – Diferença mínima significativa; Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A relação entre as cultivares de feijão-caupi (Epace 10 e BRS Itaim) com o aumento da concentração de sais da água de irrigação proporcionaram um modelo linear decrescente para a área foliar desta cultura (Figura 4A). Para cultivar Epace 10 o decréscimo nesta variável foi de 85,05% na relação entre o maior (6,95 dS m<sup>-1</sup>) e menor (0,95 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade, já a cultivar BRS Itaim o decréscimo foi da

ordem de 81,39%. Resultados semelhantes são apresentados por Silva et al. (2009) ao verificarem uma redução 64,79% da área foliar, cultivar ‘Quarentinha’, entre as concentrações de sais na água de irrigação de 5,0 e 0,5 dS m<sup>-1</sup>. Sousa et al. (2014), ao avaliar o estresse salino em feijoeiro, cultivar BRS Itaim, também constataram diminuição da área foliar.



**Figura 4.** (A) Área foliar (A<sub>F</sub>) do feijoeiro caupi, cultivar Epace 10 (◆) e BRS Itaim (○); (B) Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro caupi em função de níveis de salinidade da água de irrigação.

Analisando-se o efeito das diferentes concentrações de sais na água de irrigação, constatou-se redução na massa seca da parte aérea (Figura 4B), sendo um modelo matemático do tipo linear, a equação que melhor representou a resposta das plantas. Resultados semelhantes foram evidenciados por Garcia et al. (2010).

Na comparação entre o maior e menor nível de salinidade da água de irrigação, ocorreu em decréscimo da ordem de 31,73%. Para Lacerda et al. (2011), a redução da matéria seca da parte aérea em plantas de feijão-caupi irrigado com água salina está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de

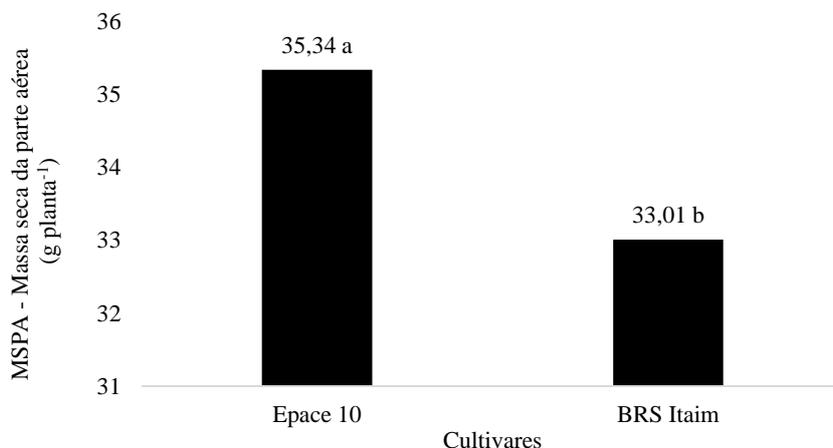
salinidade do solo; logo, a redução nos valores da matéria seca da parte aérea pode ser o reflexo do custo metabólico de energia.

Na Figura 5 pode-se observar os valores médios da massa seca da parte aérea das cultivares de feijão-caupi. A cultivar Epace 10 apresentou-se superior em 6,59% comparada a cultivar BRS Itaim. Garcia et al. (2010) avaliando a resposta de 30 genótipos de feijoeiro à salinidade também encontrou diferença na massa seca da parte aérea.

As diferenças encontradas entre as cultivares na produção de matéria seca da parte aérea, provocadas pelo estresse salino e hídrico, são condizentes com o fato de que a salinidade e/ou déficit hídrico, além de

reduzir a produção de biomassa total, pode também alterar a partição de fotoassimilados

entre as diferentes partes das plantas (SILVA et al., 2013).



**Figura 5.** Massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de feijão-caupi (Epace 10 e BRS Itaim), associadas ao manejo da irrigação com água de diferentes salinidades e regimes hídricos.

## CONCLUSÕES

O aumento da concentração de sais da água de irrigação promoveu reduções nas variáveis altura das plantas, número de folhas e massa seca da parte aérea. A cultivar Epace 10, mostrou-se mais tolerante as condições de manejo impostas, apresentando valores superiores tanto em condições de maior disponibilidade hídrica (100% da ETC) quanto sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.

ANDRADE; J. R.; MAIA JUNIOR, S. O.; SILVA, P. F.; BARBOSA, J. W. S.; NASCIMENTO, R.; SOUSA, J. S. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi submetidos a diferentes níveis de água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 4, p. 38- 43, 2013.

AQUINO, A. B. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 247p.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F. de; SILVA, F. B. da; SILVA, F. L. B. da; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. de F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.379–385, 2013.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. M.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO**

- DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. S. N.; ANDRADE, S. I. O.; SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.
- DIAS, T. J.; FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, E. S. do; DANTAS, L. A.; DANTAS, M. M. de M. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista principia**, v. 1, n. 27, p. 19-29, 2015.
- DUTRA, W. F.; OLIVEIRA, I. M. de; DUTRA, A. F.; SANTOS, E. E. S.; MELO, A. S. de. Crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi cultivados sob estresse hídrico. In: III CONAC, Congresso Nacional de Feijão-caupi, 2013, Recife. Feijão-caupi como alternativa sustentável dos sistemas produtivos familiares e empresariais - **Anais...** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2013. CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.
- FREIRE, M. G. S.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados por sais. In: Gheyli, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C.F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472 p.
- FREITAS, R. M. O. de; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de; NOGUEIRA, N. W. PINTO, J. R. de S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Biosci. J.**, v. 30, n. 2, p. 393-401, 2014.
- FURTADO, G. de F.; SOARES, L. A. dos A.; SOUSA, J. R. M. de; ANDRADE, E. M. G. de; GUERRA, H. O. C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.
- GARCIA, G. de O.; MARTINS FILHO, S.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. **Irriga**, v. 14, n. 4, p. 470-480, 2009.
- GARCIA, G de O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Engenharia na agricultura**, v.18, n.4, p. 330-338, 2010.
- GHEYLI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p. 138 -148.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; PELOSO, M. J. D.; OLIVEIRA, J. P. de. Genótipos de feijoeiro comum sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.649-656, 2011.
- JONGDEE, B.; PANTUWAN, G.; FUKAI, S.; FISCHER, K. Improving drought tolerance in rainfed lowland rice: An example from Thailand. **Agricultural Water Management**, v.80, p.225-240, 2006.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trikler irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 182 p.
- LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.4, p.663-675, 2011.
- LIMA, C. J. G. de S.; OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de. Resposta do

feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**. v.2, n.2, p. 79-86, 2007.

MAIA, A. J.; PEREIRA, P. S.; ROCHA, D. G. da F.; TÁVORA, F. J. F.; BARROS, L. M. Efeito do estresse hídrico no crescimento de plantas de feijão de corda. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.17; p.876-886, 2013.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.1, p.139-145, 2008.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48).

SILVA, A. O. da; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. de F. e. Produção da cultura da beterraba irrigada com água salina. **Engenharia na agricultura**, v.21, n.3, p. 271-279, 2013.

SILVA, F. E. O. da; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. de A.; OLIVEIRA, M. K. T. de. Desenvolvimento vegetativo do feijão caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 156-159, 2009.

SNYDER RL. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p. 977-980, 1992.

SOUSA, C. C. M. de; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA FILHO, R. A. de; SOUZA, M. A. L. M. de; PEREIRA FILHO, J. V. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.113-118, 2015.

SOUSA, G. G. de; VIANA, T. V. de A.; LACERDA, C. F. de; AZEVEDO, B. M. de; SILVA, G. L. da; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ambiente**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, v. 10, n. 03, p. 241-248, 2005.

VALE, N. M. do.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v.25 n.3, p.135-144, 2012.