

CRESCIMENTO DE GIRASSÓIS ORNAMENTAIS SOB ESTRESSE SALINO EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO

JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR¹; HANS RAJ GHEYI²; ANTÔNIO RAMOS CAVALCANTE³; ANNA HOZANA FRANCILINO¹ E ALDRIN MARTIN PEREZ-MARIN⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. E-mail: eng.amiltonjr@hotmail.com; annafrancilino7@gmail.com; ²Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas-BA. E-mail: hans@pq.cnpq.br; ³Licenciado em Ciências Agrárias. E-mail: antonio_soledade@hotmail.com; ⁴Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande-PB. E-mail: aldrin.perez@insa.gov.br

1 RESUMO

A busca por alternativas que viabilizem o aproveitamento de águas salobras na região semiárida é de suma importância, isto por que possibilita a produção agrícola em regiões de escassez de água e a geração de renda para comunidades difusas. Baseado nestas premissas, o objetivo do presente trabalho foi analisar o comportamento do crescimento de flores de corte de girassóis ornamentais (cv. Sol Noturno, cv. Anão de Jardim e cv. Bonito de Outono) sob níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva (1,7 – testemunha; 4,3; 6,0 e 9,0 dS m⁻¹) cultivadas em um módulo hidropônico de baixo custo. Distribuíram-se estes tratamentos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Verificou-se que o número de folhas foi o parâmetro de crescimento mais resiliente ao incremento salino até 9 dS m⁻¹, com 35% de perdas acumuladas, seguido do diâmetro do caule com 41%, do comprimento do caule com 51% e da área foliar com 66% aos 49 dias após o semeio.

Palavras-chave: Produção de flores, salinidade, semiárido brasileiro.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M.
GROWTH OF ORNAMENTAL SUNFLOWERS UNDER SALINE STRESS IN HYDROPONIC SYSTEM OF LOW COST

2 ABSTRACT

The search for alternatives that enable the use of brackish water in the semiarid region is of great importance, because it permits agricultural production in areas of scarcity and income generation for diffuse communities. Based on these assumptions, the aim of this study was to analyze the behavior of ornamental sunflowers growth to cut flowers (cv. Sol Noturno, cv. Anão de Jardim e cv. Bonito de Outono) under increasing levels of salinity of the nutrient solution (1.7 – control, 4.3, 6.0 and 9.0 dS m⁻¹) grown in a low cost hydroponic module. These treatments were distributed in a completely randomized design, in a factorial scheme 4x3, with three repetitions, totaling 36 experimental units. It was found that the number of leaves was the most resilient growth parameter to increment of salinity until 9 dS m⁻¹, with 35% of

cumulative losses, followed by stem diameter with 41%, the plant height with 51%, and leaf area with 66%, at 49 days after sowing.

Keywords: Flowers production, salinity, Brazilian semiarid.

3 INTRODUÇÃO

As limitações que o contexto histórico, político, econômico e social impõe às comunidades difusas pelo semiárido brasileiro, são notadamente explicitadas nos números levantados pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014). Nesta realidade, diversos cenários de resiliência têm sido colocados como forma de convivência (SANTOS et al., 2012; SANTOS JÚNIOR et al., 2013a; TEIXEIRA; SILVA, 2015) entretanto, a limitação qualitativa de água (ANDRADE; NUNES, 2014) restringe a produção e o seu planejamento, impondo situações de extrema pobreza e provocando fenômenos sociais relevantes (SILVA; MEDEROS; AZEVEDO, 2012).

Apesar da irregularidade climática com grande variabilidade espacial e temporal das variáveis meteorológicas (SOUZA et al., 2015), dado a estruturas geológicas cristalinas disponíveis em 70% do semiárido brasileiro (SUASSUNA, 2005; SOUSA; FERREIRA, 2015), outras fontes alternativas tais como poços e açudes, oferecem água com elevados teores de sais, cujos efeitos danosos sobre o solo e as plantas já foram minuciosamente estudados (HAMAM; NEGIM, 2014; RAHIL; HAJJEH; QANADILLO, 2013). Não obstante e considerando que os efeitos dos sais sobre as plantas variam entre espécies e também, entre estádios fenológicos (AGARWAL et al., 2013), o aproveitamento destas águas pode ser potencializado em função da sua gestão, compatibilizando-se a aplicação das águas disponíveis, com diferentes teores de sais, às épocas do ciclo em que as plantas são mais sensíveis ou tolerantes, respectivamente.

Neste sentido, a análise do crescimento permite o gerenciamento das exigências, sensibilidades e tolerâncias das culturas em função dos recursos disponíveis, racionalizando a produção e oportunizando o planejamento da sua expansão, mesmo sob as limitações naturalmente impostas no semiárido brasileiro. Nesta perspectiva, Weber et al. (2015) concordam e enfatizam que o crescimento das plantas resulta da interação entre as redes genéticas e de sinalização e as propriedades mecânicas de células e tecidos e, neste caso, Peixoto; Cruz; Peixoto (2011) comentam que a dinâmica do crescimento vegetal é o primeiro passo utilizado para quantificar a produção, possibilitando avaliar a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento final das plantas.

Dito isto, fica evidente a necessidade de que os resultados da interação comentada por Weber et al. (2015) sejam validados nas mais diversas formas de cultivo adaptadas às condições peculiares do semiárido brasileiro, tais como em módulos de hidroponia de baixo custo, por exemplo. Outro aspecto a ser considerado é a viabilidade econômica destes empreendimentos, ou seja, estas técnicas de cultivo têm a sua lucratividade associada à utilização de plantas que disponham de valor e liquidez no mercado (SANTOS JÚNIOR et al., 2013b), a exemplo das hortaliças e flores, especialmente flores de corte tropicais, como o girassol ornamental, cuja adaptabilidade edafoclimática ao semiárido brasileiro já foi comprovada (CASADEBAIG et al., 2011).

Então, a se considerar a importância do desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias às condições das comunidades difusas no semiárido brasileiro e a sua respectiva validação e, ressaltando-se a relevância de informações sobre o comportamento do crescimento das plantas no seu aspecto produtivo, dentro de um contexto de convivência como semiárido brasileiro,

buscou-se com o presente trabalho subsidiar o gerenciamento e/ou o manejo do uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva, visando o cultivo de flores de girassóis ornamentais em hidroponia de baixo custo, através da análise do seu crescimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, entre outubro e novembro de 2012, na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Unidade de Pesquisa do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), localizada no município de Campina Grande-PB (7°16'41" S e 35°57'59" O, 470 m de altitude média) dentro da abrangência do semiárido brasileiro (MIN, 2005).

Realizou-se a análise do crescimento em três cultivares de girassóis ornamentais (Sol Noturno, Anão de Jardim e Bonito de Outono) cultivadas em um módulo hidropônico de baixo custo e submetidas a quatro níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva - 1,7 (Testemunha); 4,3; 6,0 e 9,0 dS m⁻¹. Estes tratamentos foram aleatorizados em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, totalizando trinta e seis unidades experimentais. Em cada tubo de seis metros trabalhou-se com trinta plantas, de modo que as repetições foram estabelecidas nos tubos a cada 2 m, ou seja, analisaram-se 10 plantas por repetição.

O “módulo hidropônico de baixo custo” consistiu de um suporte de madeira em forma de pirâmide, com dimensões de 6,0 x 1,40 m, projetado com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC (6 tubos por cada lado) cada um com 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro. Nesses tubos perfuraram-se “células” circulares de 60 mm de diâmetro, espaçadas em 20 cm no eixo central. Acoplou-se aos tubos, joelhos de mesma bitola, e a estes, uma torneira para saída de água, num sistema “tipo vertedouro” que permitia a permanência de um nível constante de 4 cm de solução nutritiva dentro do tubo, em toda a sua extensão, disponibilizando-a equitativamente para todas as plantas. Na saída dos joelhos colocou-se uma “luva hidráulica” perfurada visando estimular trocas gasosas (SANTOS JÚNIOR et al., 2013b).

Utilizou-se água de abastecimento municipal de Campina Grande-PB (Tabela 1), salinizada artificialmente seguindo relação empírica apresentada por Richards (1954) com cloreto de sódio (NaCl) comercial sem iodo, para o preparo da solução nutritiva, cujo quantitativo de fertilizantes adicionado correspondeu a 50% do proposto por Furlani et al. (1999), obtendo-se assim os níveis de salinidade da solução nutritiva estudados.

Tabela 1. Caracterização da água de abastecimento utilizada no preparo da solução.

pH	CEa	K	Na	Ca	Mg	RAS
	dS m ⁻¹	mg L ⁻¹			(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	
7,5	0,38	5,47	35,65	20,00	15,8	1,45

CE_a – Condutividade elétrica de água; RAS – Relação de adsorção de sódio

No manejo da solução nutritiva fez-se a reciclagem de água e nutrientes, ou seja, preparou-se um volume inicial de 80 L de solução nutritiva por tratamento, em reservatório específico; às 8h adicionavam-se manualmente 20 L de solução por tubo e às 16h este volume era retirado, despejado no reservatório e, após a homogeneização, aplicava-se novamente 20 L ao tubo.

O semeio foi efetuado em copos plásticos descartáveis de 200 mL (diâmetro maior que 60 mm), perfurados (2 mm) nas laterais e no fundo e preenchidos com substrato fibra de coco;

as mudas foram irrigadas com água de abastecimento pela manhã e à tarde, até os 20 dias após o semeio (DAS), data em que foi realizado o transplante. Aos 21 DAS os copos com mudas + substrato foram inseridos nos tubos conforme tratamentos previamente estabelecidos.

As avaliações dos parâmetros biométricos foram realizadas, em média, a cada sete dias, ou seja, aos 21, 28, 36, 42 e 49 DAS, e consistiram do comprimento da haste (CH) – mensurado a partir do colo da planta até a gema apical; do diâmetro da haste (DH) – definido a cinco centímetros acima do colo da planta; do número de folhas (NF) – contabilizadas apenas aquelas com nervura central superior a três centímetros, sadias e fotossinteticamente ativas; e da área foliar (AF) - calculada com auxílio da fórmula proposta por Maldaner et al. (2009), em que $AF = \sum 0,1328 C^{2,5569}$, sendo C o comprimento da nervura central da folha.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, sendo comparados por meio de análise de regressão os tratamentos relacionados à condutividade elétrica da solução nutritiva (fator quantitativo). Diferenciaram-se as cultivares de girassol (fatores qualitativos) através de teste de médias (Tukey). Em todas as análises utilizou-se como ferramenta um programa estatístico (FERREIRA, 2011) e adotou-se um nível de significância de 0,05 de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade da solução nutritiva influenciou significativamente ($p < 0,01$) o comprimento do caule aos 28, 36, 42 e aos 49 dias após o semeio (DAS) e as cultivares diferenciaram-se entre si em todas as épocas estudadas, respeitando evidentemente, suas predisposições genéticas. Houve influência significativa da salinidade da solução nutritiva para a taxa de crescimento absoluto (TCA-CC) nos intervalos de II a IV que compreende o período de 28 aos 49 DAS. A taxa de crescimento relativo (TCR-CC) também foi influenciada pela salinidade da solução nutritiva nos intervalos de I a III que compreende o período de 21 a 42 DAS. Em análise geral sobre as variáveis apresentadas na Tabela 2, infere-se que o nível de oscilação do coeficiente de variação ratificou o comportamento uniforme observado experimentalmente.

Tabela 2. Resumo do teste F para o comprimento do caule (CC) e para as taxas de crescimento absoluto (TCA-CC) e relativo (TCR-CC) do comprimento do caule em diferentes épocas do ciclo de girassóis ornamentais sob estresse salino cultivados em um módulo hidropônico de baixo custo.

Causa de variação	GL	CC (DAS) ⁷					TCA – CC				TCR – CC			
		21	28	36	42	49	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Salinidade (S)	3	ns	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	ns
Reg. Linear	1	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	1	ns	**	ns	**	**	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Cultivar (C)	2	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
Resíduo	24	0,51	0,69	1,39	2,22	7,78	0,004	0,003	0,18	0,25	0,00	0,00	0,01	0,00
CV	(%)	12,6	9,33	9,39	6,74	8,53	7,03	6,32	9,61	11,50	1,26	0,86	14,5	1,06

** significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo pelo teste a 0,05 de probabilidade. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. I – intervalo entre 21 e 28 DAS; II – intervalo entre 28 e 36 DAS; III – intervalo entre 36 e 42 DAS; IV – intervalo entre 42 e 49 DAS. ⁷ DAS – dias após a semeio.

Em uma abordagem geral sobre o comprimento do caule verificou-se que a variação da condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) proporcionou redução linear no porte da

planta ao longo do período de estudo. Especificamente aos 21 DAS, época imediatamente após o transplante, o comprimento médio do caule das plantas de todas as cultivares foi estimado em 5,77 cm. Na sequência do ciclo, foram verificadas perdas relativas de 16, 25, 46 e 51% quando se compara o CC das plantas sob intervalo salino entre 1,7 e 9 dS m⁻¹ nas épocas 28, 36, 42 e 49 DAS, respectivamente (Figura 1A). Travassos et al. (2012) estudando o crescimento do girassol irrigado com água salina, verificaram aos 50 DAS, médias de CC para as cultivares Hélio 863, EMBRAPA 122-V2000, Catissol 01 e Multissol na ordem de 82,91; 105,50; 96,26 e 97,72 cm, respectivamente. Especificamente para a cv. Sol Vermelho em sistema hidropônico NFT, Maciel et al. (2012), fazendo variar a condutividade elétrica entre 1,51 e 6,19 dS m⁻¹, estimaram as perdas totais em até 15,8%, com redução de 7,0 cm no CC para cada aumento unitário da CE_{sn}.

Em relação às médias de CC, não se notou diferença significativa entre o padrão de crescimento das cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono” no período dos 36 aos 49 DAS, sendo verificado um CC médio para essas plantas de 40,9 cm aos 49 DAS; o padrão de crescimento do CC da cultivar “Anão de Jardim” distinguiu-se das demais cultivares ($p < 0,05$) e apresentou média de 16 cm ao final do período de estudo (49 DAS) (Figura 1B).

A TCA-CC foi influenciada negativamente pelo aumento do nível de salinidade da solução nutritiva. No intervalo 21-28 DAS estimou-se que a maior taxa de crescimento ocorreu sob CE_{sn} de 4,3 dS m⁻¹ (0,52 cm dia⁻¹), enquanto que sob 9 dS m⁻¹ observou-se uma TCA-CC de 0,28 cm dia⁻¹. Em análise geral, a redução total estimada, no intervalo salino proposto, na TCA-CC foi de 43, 67 e 60% nos intervalos de 28-36, 36-42 e 42-48 DAS, respectivamente, evidenciando maior sensibilidade no intervalo entre 36-42 DAS e ressaltando que as perdas na TCA-CC até o nível de 9 dS m⁻¹ foram superiores a 40% (Figura 1C).

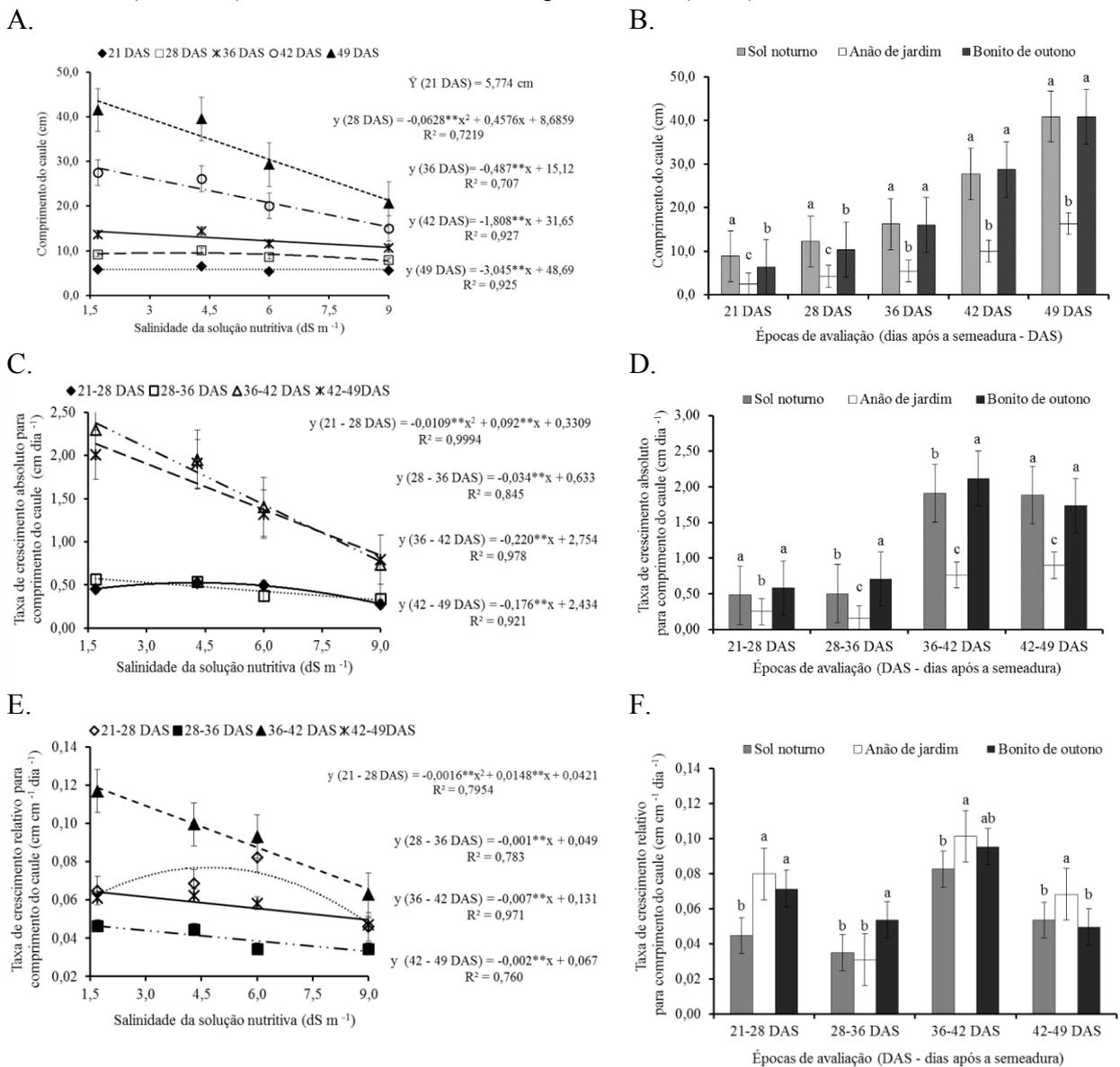
As médias da TCA-CC das cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono” não apresentaram padrões diferentes ($p > 0,05$) nos intervalos de 21-28 e 42-49 DAS (Figura 1D), o mesmo não aconteceu com a cultivar “Anão de Jardim” cuja média nos mesmos intervalos foi de 0,25 e 0,90 cm dia⁻¹, respectivamente. No intervalo de 28-36 DAS a cultivar “Sol Noturno” apresentou uma TCA-CC média de 0,50 cm dia⁻¹ e a cultivar “Bonito de Outono”, média de 0,70 cm dia⁻¹. Entre 36-42 DAS a média da taxa de crescimento absoluto do CC foi de 1,91 e 2,12 cm dia⁻¹ para as cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono”, respectivamente. O comportamento-padrão da média da taxa de crescimento destas cultivares foi obviamente diferente da cultivar “Anão de Jardim”, a qual se caracteriza por apresentar naturalmente um porte reduzido.

A estimativa da TCR-CC no período de 21-28 DAS foi mais expressiva para as plantas sob CE_{sn} de 4,3 dS m⁻¹ (0,0761 cm cm⁻¹ dia⁻¹) decrescendo linearmente com o aumento da salinidade da solução nutritiva. Calculou-se, com base na equação de regressão, maior decréscimo (46%) no período de 36-42 DAS quando o intervalo de comparação variou entre 1,7 e 9 dS m⁻¹. Neste nível de comparação, estimaram-se ainda decréscimos de 32, 25 e 23% na TCR-CC no período de 21-28, 28-36 e 42-49 DAS, respectivamente (Figura 1E). Os resultados obtidos por Maia Júnior et al. (2013) em análise do comportamento da taxa de crescimento absoluto e relativo das cultivares BRS Gira; Agrobela 962 e EMBRAPA 122-V2000 em plantas sob variação do regime hídrico, evidenciaram que esta variável atingiu valores máximos sob tensões próximas as da capacidade de campo variando negativamente com o incremento do potencial total da água, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

O comportamento-padrão médio da TCR-CC das cultivares “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” não se diferenciou ($p > 0,05$) entre si nos intervalos de 21-28 e 36-42 DAS, no entanto, a cultivar “Sol Noturno” apresentou uma TCR-CC média de 0,044 e 0,082 cm cm⁻¹

dia⁻¹ para os mesmos intervalos, respectivamente. No período entre 42 e 49 DAS à média da TCR-CC da cultivar “Anão de Jardim” diferenciou-se ($p < 0,05$) do comportamento-padrão verificado nas demais cultivares estudadas, e apresentou média de 0,068 cm cm⁻¹ dia⁻¹, ou seja, entre 42 e 49 DAS verificou-se uma desaceleração na TCR-CC haja vista que a média verificada no intervalo anterior para mesma cultivar foi de 0,10 cm cm⁻¹ dia⁻¹ (Figura 1F). Em parte, este comportamento está relacionado ao resultado do incremento gradativo de tecidos não assimilativos que implica na redução da TCR ao longo dos estádios de desenvolvimento do ciclo da cultura.

Figura 1. Comprimento do caule (CC), taxa de crescimento absoluto (TCA-CC) e taxa de crescimento relativo (TCR-CC) de girassóis ornamentais cultivados em hidroponia de baixo custo sob estresse salino em função do estresse salino (A, C, E) e das cultivares (B, D e F) aos 21, 28, 36 e 42 dias após semente (DAS).



O diâmetro do caule (DC) foi influenciado significativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da solução nutritiva aos 28, 36, 42 e 49 dias após o semente (DAS). A TCA-DC foi influenciada

significativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da solução nutritiva em todas as épocas estudadas, no entanto, a CE_{sn} influenciou a TCR-DC pontualmente no intervalo entre 21 e 28 DAS. Ressalta-se ainda que os valores do coeficiente de variação demonstram o grau de uniformidade do DC observado experimentalmente, independentemente da posição da unidade experimental (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo de teste F para o diâmetro do caule (DC) e para as taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) e relativo (TCR-DC) do diâmetro do caule em diferentes épocas do ciclo de girassóis ornamentais sob estresse salino cultivadas em um módulo hidropônico de baixo custo.

Causa de variação	GL	DC (DAS) ^γ					TCA – DC				TCR – DC			
		21	28	36	42	49	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Salinidade (S)	3	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Reg. Linear	1	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**
Reg. Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivar (C)	2	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo	24	0,09	0,04	0,08	0,59	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02
CV (%)		16,0	8,03	6,95	12,7	6,04	2,33	3,13	18,98	5,06	1,16	1,10	1,02	0,88

*** significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo pelo teste a 0,05 de probabilidade. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. I – intervalo entre 21 e 28 DAS; II – intervalo entre 28 e 36 DAS; III – intervalo entre 36 e 42 DAS; IV – intervalo entre 42 e 49 DAS. ^γ DAS – dias após a semeadura.

Aos 21 DAS não se observou variações significativas ($p > 0,05$) no DC, de modo que as plantas apresentaram um valor médio estimado em 1,953 mm. No intervalo entre 1,7 e 9 dS m⁻¹ as perdas no DC foram estimadas em 25, 32 e 41% aos 36, 42 e 49 DAS, respectivamente (Figura 2A). Nobre et al. (2010), estudando o crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada, observaram que o DC foi afetado linear e negativamente ($p < 0,01$) pela salinidade da água a partir de 0,5 dS m⁻¹. As perdas na espessura e, consequentemente, na resistência do DC são relevantes, especialmente por sua importância na sustentação das plantas, pela sua influência em problemas de tombamento da cultura e por aspectos do manejo, colheita e, evidentemente na pós-colheita e na comercialização da flor.

Em relação às médias de DC observadas, as cultivares “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” apresentaram padrões de crescimento distintos ($p < 0,05$) aos 21 e 28 DAS, sendo que, a cultivar “Anão de Jardim” apresentou maior DC médio (2,15 mm). Aos 36 DAS, as cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono” apresentaram DC médio de 4,38 e 4,02 mm, respectivamente, entretanto, as plantas da cultivar “Anão de Jardim” apresentaram um DC médio de 4,39 mm. O comportamento-padrão médio das cultivares estudadas aos 42 e aos 49 dias não se distinguiu significativamente entre si ($p > 0,05$) apresentando médias de 6,05 e 7,029 mm, respectivamente (Figura 2B). Santos Júnior et al. (2014) verificaram aos 49 DAS médias de 11 e 13 mm de DC em plantas da cultivar EMBRAPA 122-V2000 cultivadas em substratos fibra de coco e areia, respectivamente, ou seja, a espessura comercial deve considerar as especificidades de cada cultivar, respeitando-se, evidentemente, os aspectos qualitativos da flor comercial.

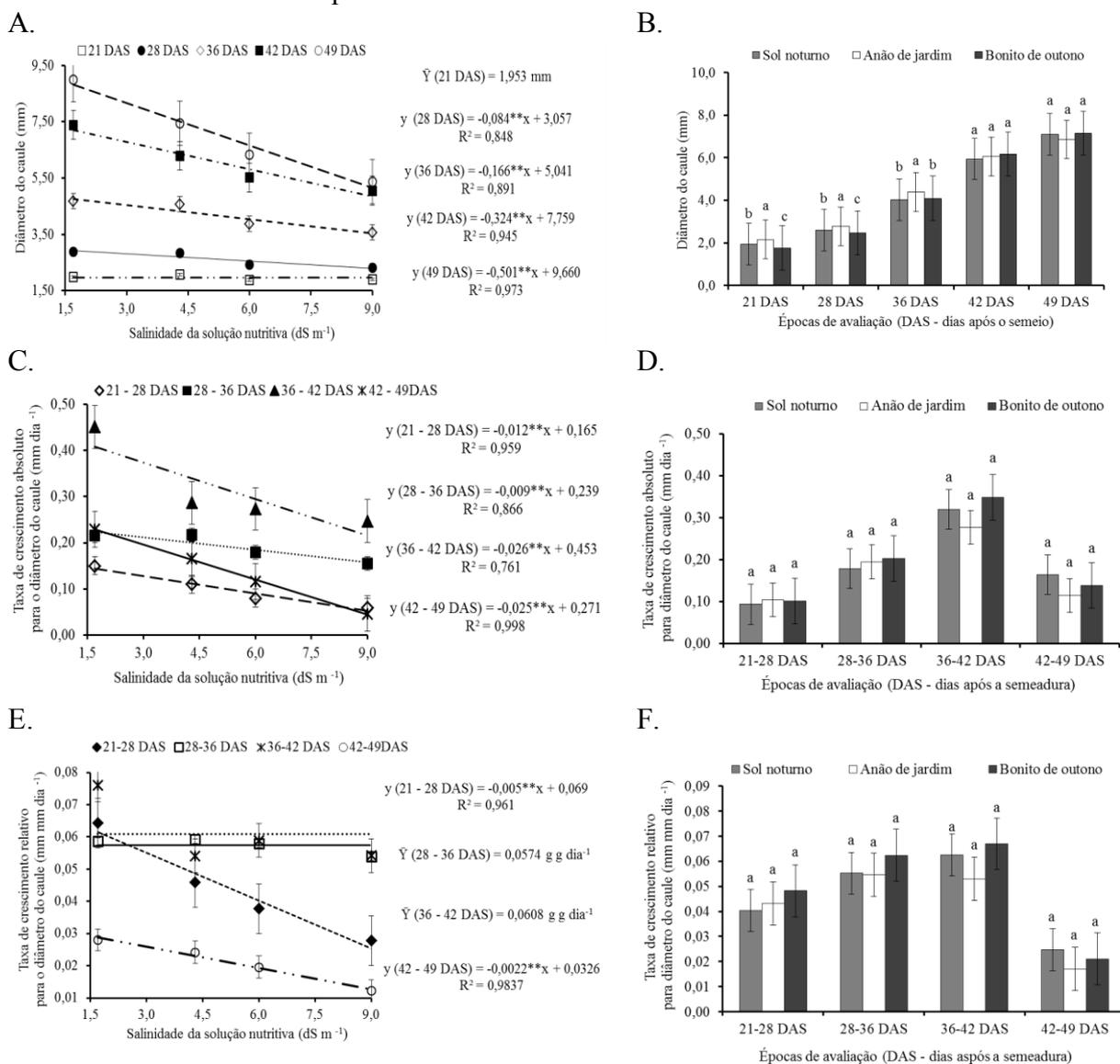
A salinidade da solução nutritiva influenciou significativamente ($p < 0,01$) a TCA-DC em todo período de estudo. Verificou-se, entre as plantas sob 1,7 e 9 dS m⁻¹, perdas de 60 e 79% na TCA-DC no intervalo de 21-28 e 42-49 DAS, respectivamente. Isso evidenciou que, no estágio inicial de desenvolvimento (fase vegetativa), as plantas foram mais sensíveis ao meio que se encontravam, sendo, nesse caso, o principal fator limitante a CE_{sn} (Figura 2C). Na Figura 2D, é possível notar que o comportamento médio da TCA-DC foi similar entre as cultivares

“Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” não sendo verificadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre estas cultivares.

Os crescentes níveis de CE_{sn} proporcionaram variações significativas ($p<0,01$) sobre a TCR-DC das cultivares estudadas no período dos 21 aos 28 DAS, de modo que ao utilizar-se uma CE_{sn} de 9 dS m^{-1} estimaram-se perdas na TCR-DC de até 60%. Nos intervalos 28-36 e 36-42 DAS não houve efeito significativo dos níveis salinos ($p>0,05$), sendo estimadas taxas médias de $0,0574 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $0,0608 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente (Figura 2E). Segundo Peixoto; Cruz; Peixoto (2011), a análise quantitativa do crescimento é uma ferramenta e o meio mais acessível e preciso para avaliar o desenvolvimento vegetal e a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o seu desempenho nas diferentes condições a que são submetidos, no caso específico do presente trabalho, a salinidade da solução nutritiva.

A TCR-DC verificada nas cultivares “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” sob variação da CE_{sn} não apresentou diferenças significativas ($p>0,05$), indicando que a TCR-DC das distintas cultivares comportaram-se de modo similar sob os tratamentos aplicados (Figura 2F).

Figura 2. Diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto (TCA-DC) e taxa de crescimento relativo (TCR-DC) de girassóis ornamentais cultivados em hidroponia sob estresse salino em função do estresse salino (A, C, E) e das cultivares (B, D, F) em diferentes épocas de ciclo.



O NF e a AF das cultivares de girassol variaram significativamente ($p < 0,01$) em função dos diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva até aos 49 DAS, com exceção dos 21 DAS especificamente para o NF (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo de teste F para o número de folhas (NF) e a área foliar (AF) em diferentes épocas de ciclo de girassóis ornamentais sob estresse salino cultivados em um módulo hidropônico de baixo custo.

Causa de variação	GL	NF (DAS) ^γ					AF (DAS) ^γ		
		21	28	36	42	49	36	42	49
Salinidade (S)	3	ns	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	ns	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Cultivar (C)	2	ns	**	**	**	**	**	**	**
Resíduo	24	0,21	0,11	0,33	0,78	1,43	432	260	323
CV	(%)	8,47	6,80	6,36	7,04	7,52	14,3	13,3	33,9

*** significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente. ^{ns} não significativo pelo teste a 0,05 de probabilidade. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. ^γ DAS: dias após semeadura

Aos 21 DAS à variação da CE_{sn} evidentemente, não impôs efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o NF das cultivares de girassol já que esta avaliação ocorreu imediatamente após o transplantio, sendo estimado para esta época do ciclo, em média, 2,54 folhas planta⁻¹. Entretanto, na sequência do ciclo estimou-se que as perdas foram de 16, 24, 33 e 35% quando se submeteu as cultivares a uma CE_{sn} de 9 dS m⁻¹ tendo como referência a testemunha (1,7 dS m⁻¹) aos 28, 35, 42 e 49 DAS, respectivamente (Figura 3A). Travassos et al. (2012) estudando as cultivares Hélio 863, EMBRAPA 122-V2000, Catissol 01 e Multissol sob estresse salino, verificaram decréscimo relativo de 5,92, 7,95 e 7,81%, por incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20, 30 e 50 DAS, respectivamente. Em uma compreensão diferente dos resultados obtidos no presente trabalho e por Travassos et al. (2012), nos resultados obtidos por Nobre et al. (2010) o número de folhas da cultivar EMBRAPA 122-V2000 não variou significativamente em função dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 - controle; 1,6; 2,7; 3,8 e 4,9 dS m⁻¹), em avaliações realizadas aos 26 e 50 DAS.

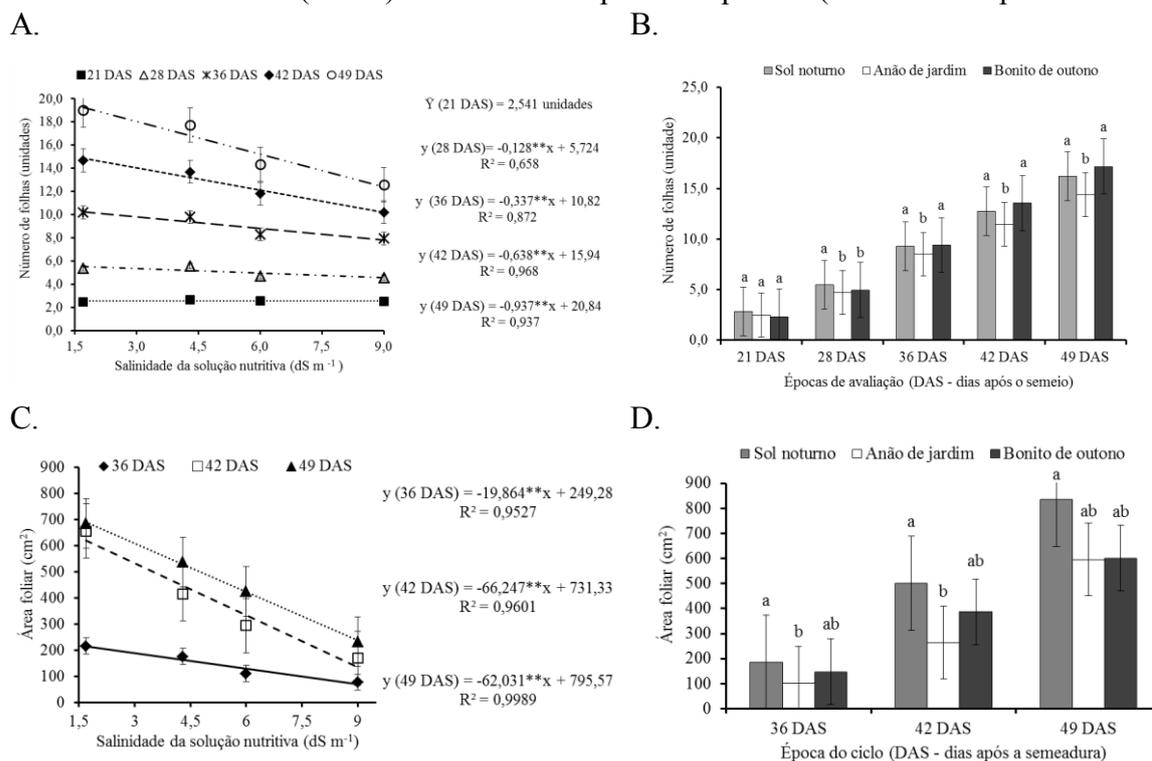
Em termos médios, o comportamento-padrão do NF das cultivares passou a se diferenciar a partir dos 28 DAS e, nesta época do ciclo, a cultivar “Sol Noturno” apresentou um NF médio de 5,49 folhas planta⁻¹. Dentro do intervalo entre 36 e 49 DAS o padrão de crescimento do NF das cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono” foram similares ($p > 0,05$) e, aos 49 DAS, as plantas da cultivar “Anão de Jardim” apresentaram 14,39 folhas planta⁻¹ (Figura 3B).

Quanto a AF, a variação da CE_{sn} desencadeou uma resposta linear decrescente com perdas estimadas em 67,8 % (70,5 cm²), 78,6 % (135 cm²), 66 % (237,2 cm²) aos 36, 42 e 49 DAS, respectivamente, quando se comparou as plantas sob 9 dS m⁻¹ em relação à testemunha (Figura 3C). Nobre et al. (2011), avaliando a produção de girassol sob estresse salino e dose de adubação nitrogenada, constataram que o aumento da salinidade da água de irrigação promoveu resposta linear decrescente na área foliar, com redução de até 52,5% observadas nas plantas irrigadas com água de 4,9 dS m⁻¹ aos 50 DAS. Tester e Davenport (2003), relatam que esse decréscimo da área foliar está relacionado a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, que consiste na redução da superfície de evapotranspiração visando à minimização das perdas de água por transpiração. Neste sentido, Nobre et al. (2011) acrescentam que a planta sob estresse salino reduz a sua área foliar para que haja um equilíbrio entre a absorção e transpiração de água e, com isso, otimiza a eficiência no uso da água.

As médias de AF verificadas na cultivar “Sol Noturno” (184,6 cm²) não são significativamente ($p > 0,05$) diferentes das observadas na cultivar “Bonito de Outono” (146,8 cm²), entretanto ambas diferem dos resultados verificados para a cultivar “Anão de Jardim” (103 cm²) aos 36 DAS. Aos 42 DAS o comportamento é análogo ao da época anterior avaliada, ou seja, as plantas da cultivar “Sol Noturno” produziram uma AF média de 500 cm²; verificou-

se também AF média de 386,8 cm² para cultivar “Bonito de Outono” e as plantas de “Anão de Jardim” produziram uma AF média de 263,7 cm². Aos 49 DAS a cultivar “Sol Noturno” apresentou AF média de 836,4 cm², e este padrão de crescimento foi significativamente ($p < 0,05$) superior em relação as cultivares “Anão de Jardim” (599 cm²) e “Bonito de Outono” (601 cm²) cujas médias de AF não foram diferentes entre si (Figura 3D).

Figura 3. Número de folhas (NF) e área foliar (AF) de girassóis ornamentais cultivados em hidroponia sob estresse salino em função do estresse salino (A e C) e das cultivares (B e D) em diferentes épocas do plantio (DAS – dias após a semente).



6 CONCLUSÕES

O crescimento relativo das cultivares “Sol Noturno”, “Bonito de Outono” e “Anão de Jardim”, foi sensível ao incremento da salinidade da solução nutritiva, sendo recomendado a utilização de até 6 dS m⁻¹ de condutividade elétrica da solução nutritiva.

O número de folhas foi o parâmetro de crescimento mais resiliente ao incremento salino até 9 dS m⁻¹, com 35% de perdas acumuladas, seguido do diâmetro do caule com 41%, do comprimento do caule com 51% e da área foliar com 66% aos 49 dias após o sementeio.

As taxas de crescimento absoluto e relativo do comprimento e diâmetro do caule das cultivares apresentaram valores máximos sob condutividade elétrica de 1,7 e 4,3 dS m⁻¹, a partir destes níveis salinos as perdas foram de até 79%.

7 REFERÊNCIAS

- AGARWAL, P. K.; SHUKLA, P. S.; GUPTA, K.; JHA, B. Bioengineering for salinity tolerance in plants: State of the art. **Molecular Biotechnology**, Coverage, v.54, n.1, p.102-123, 2013.
- ANDRADE, J. A. de; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, Diamantina, v.3, n.2, p. 28-39, 2014.
- CASADEBAIG, P.; GUILIONI, L.; LECOEUR, J.; CHRISTOPHE, A.; CHAMPOLIVIER, L.; DEBAEKE, P. SUNFLO. A model to simulate genotype-specific performance of the sunflower crop in contrasting environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v.151, n.2, p.163-178, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).
- HAMAM, K. A.; NEGIM, O. Evaluation of wheat genotypes and some soil properties under saline water irrigation. **Annals of Agricultural Sciences**, Cairo, v.59, n.2, p.165-176, 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA. **Sistema de gestão da informação e do conhecimento do Semiárido Brasileiro (SIGSAB) - Plataforma Web**. Campina Grande, 2014. Disponível em: <www.insa.gov.br/signsab>. Acesso em: 16 maio 2015.
- MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S.; Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p. 165-172, 2012.
- MAIA JÚNIOR, S. O.; ANFRADE, J. R.; ARAÚJO, D. L.; SOUSA, J. S.; MEDEIROS, I. F. S.; Taxas de crescimento de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.8, n.3, p.150-155, 2013.
- MALDANER, I. C. HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - MIN. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, 2005. 33 p
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.358-365, 2010.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F.; Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.35, n.3, p.929-939, 2011.

PEIXOTO, C. C.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p.51-76, 2011.
RAHIL, M.; HAJJEH, H.; QANADILLO, A. Effect of saline water application through different irrigation intervals on tomato yield and soil properties. **Open Journal of Soil Science**, Wuhan, v.3, p.143-147, 2013.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L. A seca no nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v.1, n.5, p.819-830, 2012. Edição Especial 2.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, J. K. L.; BRITO, E. T. F. S. Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.8, n.1, p.263-271, 2013a.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. da S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, p.718-729, 2013b.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; ARAÚJO, D. L.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.4, p. 696-707, 2014.

SILVA, J. A. L.; MEDEIROS, M. C. S.; AZEVEDO, P. V. de. Climate change and its effects on the availability of water resources. **Revista de Geografia**, Recife, v.29, n.2, p.180-192, 2012.

SOUSA, Y. M. M. de; FERREIRA, E. G. Tecnologia para tratamento de água salobra: Estudo do caso de Santa Inês-PB. **Revista Ambiental**, João Pessoa, v.1, n.1, p.82-92, 2015.

SOUZA, R. M. S.; SOUZA, E. S. de; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. de S. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.5, p.449-455, 2015.

SUASSUNA, J. Potencialidades hídricas do nordeste brasileiro. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n.20, p.119-144, 2005.

TEIXEIRA, C. T. M.; SILVA, T. C. Multifuncionalidade da agricultura familiar: o modelo do sistema agroflorestal no Semiárido Brasileiro – um estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.20, p.116-124, 2015.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, p.503-527, 2003.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. da S.; UYEDA, C. A.; SILVA, F. V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, p.324-339, 2012. Edição Especial.

WEBER, A.; BRAYBROOK, S., HUFLEJT, M.; MOSCA, G.; ROUTIER-KIERZKOWSKA, A. L. SMITH, R. S. Measuring the mechanical properties of plant cells by combining micro-indentation with osmotic treatments. **Journal of Experimental Botany**, Gent, v.66, p.3229-3241, 2015.