

TAXA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL IRRIGADO COM ÁGUA SALINA SOB DOSES DE NITROGÊNIO

PEDRO HENRIQUE PINTO RIBEIRO¹; HANS RAJ GHEYI²; CLAUDIO AUGUSTO UYEDA³; MARCONI BATISTA TEIXEIRA⁴; FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES⁵ E NILDO DA SILVA DIAS⁶

¹Mestre em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande – PB. E-mail: pedroirri@gmail.com

²Professor Visitante, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRBA, Cruz das Almas - BA. E-mail: hans@pq.cnpq.br

³Professor EBTT, Instituto Federal Pernambuco, IFPE, Vitória do Santo Antão – PE. E-mail: claudio.uyeda@vitoria.ifpe.edu.br

⁴Professor EBTT, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, IFG, Rio Verde – GO. E-mail: fredalsoares@hotmail.com

⁵Professor EBTT, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, IFG, Rio Verde – GO. E-mail: marconibt@gmail.com

⁶Professor Associado 2, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN. E-mail: nildo@ufersa.edu.br

1 RESUMO

O girassol é uma cultura com grande potencial de utilização no Brasil em projetos de inclusão social, como integrante de sistemas de produção de grãos e biodiesel. A utilização de águas salinas para irrigação é uma realidade, pois tem aumentado a disponibilidade de água, a produção agrícola e o controle de riscos ambientais. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a taxa de crescimento e a produção do girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) sob o efeito da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido em vasos de plástico de 20 L com Neossolo Regolítico Eutrófico de textura areia franca. Foi utilizado um delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 5 níveis de salinidade de água – CE_a (0,5; 1,5; 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹ – Tratamento das Parcelas) e 5 doses de nitrogênio (60, 80, 100, 120 e 140% da dose de N recomendada para a cultura em ambientes protegidos – Tratamento das Subparcelas) com três repetições, totalizando 75 unidades experimentais. Foram avaliadas as taxas de crescimento absoluto e relativo da altura da planta e do diâmetro caulinar, a fitomassa seca total dos aquênios; dos aquênios viáveis; dos aquênios não viáveis; dos capítulos; do número total de aquênios e do diâmetro do capítulo seco. Não houve efeito significativo dos níveis de nitrogênio sobre as taxas de crescimento, no entanto afetaram significativamente a fitomassa seca dos aquênios. A salinidade da água de irrigação teve um efeito significativo sobre as taxas de crescimento do girassol, a partir dos 30 dias após a semeadura, demonstrando a tolerância do girassol à salinidade na fase de crescimento. Houve efeito significativo sobre a fitomassa do capítulo, do total de aquênios, dos aquênios não viáveis e sobre a percentagem de aquênios viáveis, diminuindo em geral a produção do girassol. A interação salinidade da água x nitrogênio, não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas.

Palavras-Chave: *Helianthus annuus* L., salinidade, nutrição de plantas.

RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S.

GROWTH RATES AND PRODUCTION OF SUNFLOWER IRRIGATED WITH SALINE WATER AND NITROGEN DOSES

2 ABSTRACT

Sunflower is a crop with a great potential of utilization in social inclusion projects as part of grain and biodiesel production systems. The use of saline waters for irrigation is a reality because it has increased water availability, crop production and control of environmental risks. The objective of the present study was to evaluate the growth rates and production of sunflower (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000), irrigated with saline water and nitrogen fertilization. The experiment was conducted in a semi controlled environment in 20 L plastic pots filled with Regosols of loamy sand texture. A randomized block split plot experimental design was used with five irrigation water salinity levels - EC_w (0.5, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 $dS\ m^{-1}$ – Main Plots) and five nitrogen levels (60, 80, 100, 120 and 140% of the recommended dose for the crop in protected environments – Secondary Plots), with three replicates totalizing 75 experimental plots. The absolute and relatives growth rates of plant height and stem diameter, the number and dry phytomass of achenes and the chapter diameter were analyzed. There was no significant effect of nitrogen treatments on the growth rates, however the dry phytomass of the achenes was significantly affected. Water salinity of the irrigation water had a significant effect on the growth rates only after 30 days of growth, showing the tolerance of the plant to salinity during vegetative growth, however, significant effect was observed on phytomass of chapters, total achenes, non-viable achenes and percentage of viable achenes, decreasing in general sunflower production. The interaction between water salinity and nitrogen was not significant for any of the studied variables.

Keywords: *Helianthus annuus* L., salinization, plant nutrition.

3 INTRODUÇÃO

Entre as principais culturas consideradas para a produção de bicombustíveis destacam-se a cana-de-açúcar, a beterraba branca, o milho e o trigo na produção do bioetanol (USDA, 2005). Como biodiesel no Brasil tem-se utilizado principalmente a soja, o algodão, a mamona, o pinhão manso e o girassol. O girassol é de suma importância, notadamente, por possuir relativa tolerância a baixas temperaturas e a déficits hídricos, por concentrar elevadas quantidades de óleo em seus aquênios, cerca de 40%, ciclo curto e apresentar rusticidade, sistema radicular extensivo e mecanismos de osmorregulação em condições de baixa disponibilidade hídrica e estresse salino.

No semiárido, para garantir a produção de biomassa e o aumento da produtividade do girassol, faz-se o uso de técnicas como a irrigação (RODRIGUES *et al.* 2011), especialmente em áreas com distribuição irregular das chuvas. Porém, a agricultura enfrenta um grande problema em todo o mundo com a escassez de recursos hídricos adequados para a irrigação, forçando os produtores a utilizarem águas com elevada concentração de sais (CONAB, 2011).

Estudos realizados sobre a tolerância de várias espécies à salinidade associada ao uso

de fertilizantes nitrogenados têm demonstrado que, mediante manejo adequado de água e das práticas de cultivo, pode-se produzir comercialmente irrigando com água salina (SANTOS *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2011; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2011). Neste sentido espera-se que a adubação nitrogenada atenuar os efeitos da salinidade sob as plantas, proporcionando o uso sustentável de águas salobras, garantido também a produção de alimentos.

Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a taxa de crescimento e a produção de girassol (*Helianthus annuus* L., EMBRAPA 122/V-2000) sob o efeito da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, Campina Grande, Paraíba-PB, cujas coordenadas geográficas são 7°12'52" S e 35°54'24" W e altitude de 531 m.

A casa de vegetação usada foi do tipo capela, construída em estrutura de alvenaria e ferro, com orientação norte-sul, possuindo 9 m de comprimento, 8 m de largura e 4 m de altura do pé direito, totalizando 72 m²; a cobertura foi de telha transparente e translúcida, com laterais com meia parede, na altura de 0,80 m, de alvenaria e 3,2 m coberto com telado de cor branca e ainda chão de concreto.

Cada unidade experimental foi constituída de uma planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv EMBRAPA 122/V-2000) por vaso plástico com capacidade para 20 L, tendo a sua base preenchida com 1 kg de brita de nº 1, na parte inferior, em cada vaso foi colocado um dreno para coleta de água de drenagem, para fazer o balanço de água no solo. O material de solo usado na montagem dos vasos foi o Neossolo Regolítico Eutrófico de textura areia franca, coletado na camada superficial (0 - 20 cm), cujas análises químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1, seguindo as metodologias recomendadas pela Embrapa (2009).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental

| Química do solo | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|--------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| pH H ₂ O | P | K ⁺ | H ⁺ +Al | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na | S | CO | N | MO |
| --mg dm ⁻³ -- | | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | -----%----- | | | | |
| 5,45 | 8,00 | 0,25 | 1,86 | 0,00 | 1,55 | 1,00 | 0,14 | 2,94 | 0,37 | 0,03 | 0,64 |
| Extrato de saturação | | | | | | | | | | | |
| CE | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Cl ⁻ | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Classe do solo | | | |
| | Cátions | | | | Ânions | | | | | | |
| dS m ⁻¹ | -----mmol _c L ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | |
| 0,15 | 4,87 | 6,38 | 2,56 | 0,60 | 6,50 | 0,00 | 1,80 | Normal | | | |
| Física do solo | | | | | | | | | | | |
| Classificação textural | DS | DP | PT | CC | PMP | AD | Granulometria | | | | |
| | ---g cm ⁻³ --- | | %----- | | g kg ⁻¹ ----- | | | | | Areia | Silte |
| Areia Franca | 1,49 | 2,63 | 43,85 | 170,10 | 20,80 | 149,30 | 840,02 | 79,30 | 80,50 | | |

DS: Densidade do solo; DP: Densidade das partículas; PT: Porosidade total; CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de murcha permanente; AD: Água disponível. CE: Condutividade elétrica.

O delineamento experimental foi o bloco casualizados em parcelas subdivididas, correspondente a cinco níveis de salinidade da água de irrigação: S1 = 0,5; S2 = 1,5; S3 = 2,5, S4 = 3,5 e S5 = 4,5 dS m⁻¹ – Tratamento das Parcelas; e cinco doses de nitrogênio: 60, 80, 100, 120 e 140% da dose de N recomendada (100 mg N kg⁻¹ solo) por Novais et al. (1991) – Tratamento nas Subparcelas, com três repetições.

Aos 10 dias após a incorporação dos fertilizantes ao solo, foi realizada a semeadura com 10 sementes de forma equidistante por vaso, a uma profundidade de 1,0 cm. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), realizaram-se um desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso e aos 45 DAS uma planta por vaso.

A adubação nitrogenada foi parcelada em três vezes, sendo 1/3 do total aplicado na fundação e os 2/3 restantes divididos em três adubações de coberturas. A adubação potássica e fosfatada foi realizada de acordo com a análise química do solo e seguiram as necessidades nutricionais da planta para condição de casa de vegetação. O fósforo foi aplicado todo em fundação e a adubação potássica foi feita em três épocas, juntamente com o nitrogênio (sendo 1/3 em fundação e 2/3 dividido em três coberturas).

O controle fitossanitário foi feito quando necessário por meios de pulverizações noturnas. Foi utilizada água proveniente da Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba - CAGEPA (Tabela 2) e, adicionou-se NaCl comercial (sem iodo) a fim de elevar a condutividade elétrica da água conforme metodologia de Richards (1954).

O sistema de irrigação utilizado foi o localizado tipo gotejamento, com emissores autocompensantes de vazão de 2,3 L h⁻¹, com um emissor por planta. O volume de água a ser aplicado foi calculado em função da demanda evapotranspiratória com base no evaporímetro de Piché correspondendo diariamente à 100% da ETo mais a fração de lixiviação (entre 0,10 e 0,15) colocando-se volumes de água para manter o solo próximo à capacidade de campo. As irrigações foram realizadas diariamente, sempre às 16 h.

Após a semeadura, irrigou-se diariamente, aplicando-se, em cada vaso, água com a salinidade correspondente ao respectivo tratamento.

Tabela 2. Características químicas da água da Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA utilizada no experimento

| pH | CE | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Cl ⁻ | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | RAS |
|------|--------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| | dS m ⁻¹ | -----mmolcL ⁻¹ ----- | | | | | | | | (mmol L ⁻¹) ^{0,5} |
| 7,47 | 0,39 | 1,00 | 0,30 | 1,55 | 0,14 | 2,21 | 0,00 | 1,30 | 0,00 | 1,94 |

Foram avaliadas, quinzenalmente (aos 30, 45, 60, 75 DAS), as variáveis taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA_{AP}), taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR_{AP}), taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA_{DC}) e taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR_{DC}).

A colheita ocorreu aos 100 DAS e, na ocasião determinaram-se a fitomassa seca total dos aquênios (FAT), dos aquênios viáveis (FAV); dos aquênios não viáveis (NANV) dos capítulos (FCAP), do número total de aquênios (NTA), e do diâmetro do capítulo seco (DCS).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, com Teste F (0,05% de probabilidade) e quando significativos os estudos de regressão para os níveis de salinidade e adubação nitrogenada foram realizadas conforme Ferreira (2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo dos níveis de nitrogênio sobre as taxas de crescimento e nem para a interação nitrogênio x salinidade em nenhum dos períodos avaliados (Tabela 3).

Houve efeito significativo para o fator salinidade para os dois primeiros períodos de TCA_{AP} avaliados. No período de 15-30 DAS, os valores se ajustaram ao modelo linear decrescente (Figura 1A), sendo registrado um decréscimo de 11,52% por aumento unitário de salinidade, ou seja, os níveis elevados de condutividade elétrica da água diminuiram drasticamente a TCA_{AP} neste período, chegando aos 46,11% (0,74 cm d⁻¹) de redução no tratamento S₅ em relação ao S₁.

De acordo com Arruda et al. (2002), plantas cultivadas sob estresse salino podem ter o crescimento inibido devido os efeitos tóxicos dos sais absorvidos ou se a cultura tiver baixa capacidade de ajustamento osmótico, o que tendem a reduzir a quantidade de água e nutrientes absorvidos e, conseqüentemente, perdas no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Aos 31-45 DAS, a TCA_{AP} ajustou-se ao modelo quadrático (p < 0,05), sendo constatado a menor médias de TCA_{AP} de 2,95 cm d⁻¹ para a CE_a de 3,61 dS m⁻¹. Observou-se ainda que, nos maiores níveis de salinidade, as plantas tiveram uma recuperação na última época de avaliação, indicando, possivelmente, que no final do ciclo, há maior tolerância das plantas de girassol à salinidade (1B).

Para os períodos de avaliação 46-60 e 61-75 DAS, não houve efeito significativo (p > 0,05), o que faz pensar que as plantas após este tempo realizaram um ajustamento osmótico, que é um mecanismo que permite às plantas viverem em condições de estresse salino, onde ocorre o acúmulo dos íons absorvidos nos vacúolos das células das folhas, mantendo a concentração salina no citoplasma e nas organelas em níveis baixos de modo que não haja interferência com os mecanismos enzimáticos e metabólicos e com a hidratação de proteínas das células (DIAS & BLANCO, 2010).

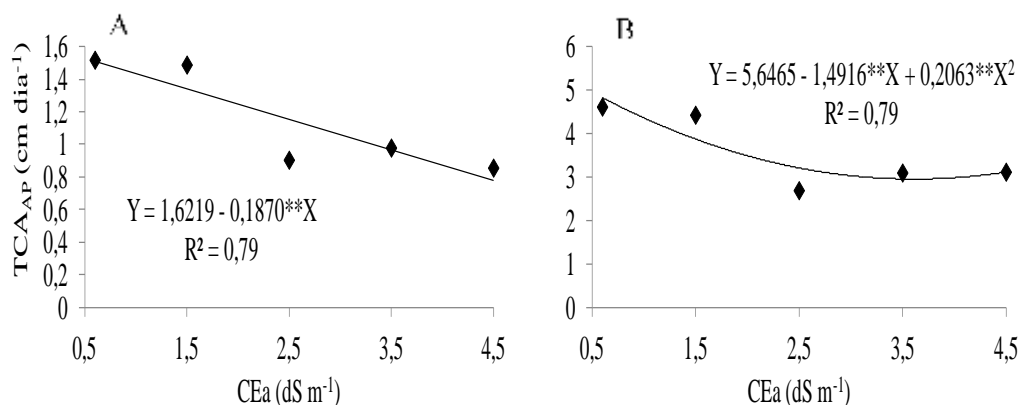
Tabela 3. Resumo das análises de variância para a taxa de crescimento absoluto da altura de plantas de girassol nos períodos de 15-30, 31-45, 46-60, 61-75 DAS, irrigadas com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada

| Fonte de Variação | GL | Quadrados médios | | | |
|-------------------|----|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Período de avaliação - DAS | | | |
| | | 15 – 30 ¹ | 31 – 45 ¹ | 46 – 60 ¹ | 61 – 75 ¹ |
| Salinidade (S) | 4 | 0,181 [*] | 0,62 ^{**} | 0,338 ^{ns} | 0,044 ^{ns} |
| Reg. Linear | 1 | 0,570 ^{**} | 1,477 ^{**} | - | - |
| Reg. Quadrática | 1 | 0,039 ^{ns} | 0,472 [*] | - | - |
| Desvio Regres. | 2 | 0,058 ^{ns} | 0,277 [*] | - | - |
| Blocos | 2 | 0,046 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,006 ^{ns} |
| Resíduo 1 | 8 | 0,030 | 0,05 | 0,160 | 0,012 |
| Nitrogênio (N) | 4 | 0,019 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,042 ^{ns} | 0,013 ^{ns} |
| Interação SxN | 16 | 0,009 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,070 ^{ns} | 0,007 ^{ns} |
| Resíduo 2 | 40 | 0,009 | 0,02 | 0,059 | 0,009 |
| CV 1 % | - | 11,94 | 11,07 | 20,10 | 10,29 |
| CV 2 % | - | 6,85 | 7,88 | 12,27 | 8,88 |

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; **= significativo em nível de 0,01 de probabilidade; *= significativo em nível 0,05 de probabilidade; ^{ns} = não significativo; ¹ Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$.

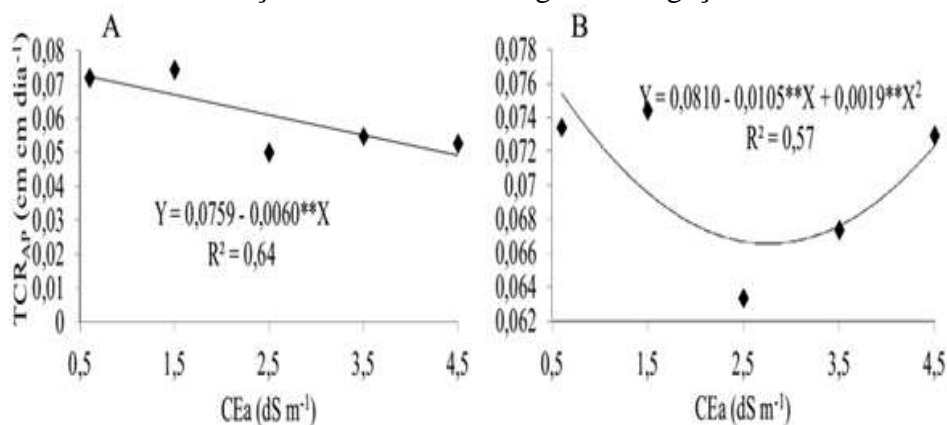
No período de 15-30 DAS, foi observada uma taxa média de crescimento absoluto da altura da planta de $1,15 \text{ cm d}^{-1}$; e durante o período de 31-45 DAS, estimou-se uma taxa média de $3,21 \text{ cm d}^{-1}$.

Figura 1. Taxa de crescimento absoluto da altura (TCA_{AP}) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) avaliada nos períodos de (A) 15-30 e (B) 31-45 DAS em função da salinidade da água de irrigação.



Assim como para a TCA_{AP} , só houve efeito significativo da salinidade ($p < 0,05$) para a TCR_{DP} nas duas primeiras avaliações (15-30 e 31-45 DAS), não havendo significância ($p > 0,05$) para nitrogênio e para interação, o que indica independência dos fatores estudados (Tabela 4). No período de 15-30 DAS, houve efeito linear decrescente, onde foi verificada redução por aumento unitário da CE_a na ordem de 7,9%, ou seja, as plantas irrigadas com água de CE_a no valor de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, tiveram sua TCR_{AP} reduzida em 31,62% ($0,02 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$) em relação às irrigadas com água de CE_a de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2A). Todavia, no período de 31-45 DAS, houve ajuste da variável ao modelo polinomial, onde, de acordo com os estudos de regressão, a menor TCR_{AP} ($0,066 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$) foi constatada na CE_a estimada de $2,76 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2B). No período de 15-30 DAS, a TCR_{AP} média foi de $0,06 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$; e, no período de 31-45 DAS, verificou-se uma TCR_{AP} média no valor de $0,07 \text{ cm cm}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Figura 2. Taxa de crescimento relativo da altura (TCR_{AP}) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) avaliada nos períodos de (A) 15-30 e (B) 31-45 DAS em função da salinidade da água de irrigação.



Com relação à variável TCR_{DC} , só houve efeito significativo ($p > 0,01$) do fator salinidade entre o período de 15 - 30 DAS (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das análises de variância para a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar de plantas de girassol nos períodos de 15 - 30, 31 - 45, 46 - 60, 61 - 75 dias após o semeio - DAS, irrigadas com diferentes salinidades e adubação nitrogenada

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios | | | |
|-------------------|----|----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | | Período de avaliação - DAS | | | |
| | | 15 - 30 ¹ | 31 - 45 ¹ | 46 - 60 ¹ | 61 - 75 ¹ |
| Salinidade (S) | 4 | 0,00040** | 0,00010 ^{ns} | 0,000079 ^{ns} | 0,0000006 ^{ns} |
| Reg. Linear | 1 | 0,00077** | - | - | - |
| Reg. Quadrática | 1 | 0,00025* | - | - | - |
| Desvio Regres. | 2 | 0,00029* | - | - | - |
| Blocos | 2 | 0,00015 ^{ns} | 0,00001 ^{ns} | 0,000056 ^{ns} | 0,0000006 ^{ns} |
| Resíduo 1 | 8 | 0,00004 | 0,00003 | 0,000039 | 0,000002 |
| Nitrogênio (N) | 4 | 0,00008 ^{ns} | 0,00003 ^{ns} | 0,000002 ^{ns} | 0,000002 |
| Interação SxN | 16 | 0,00002 ^{ns} | 0,00001 ^{ns} | 0,000016 ^{ns} | 0,0000005 ^{ns} |
| Resíduo 2 | 40 | 0,00004 | 0,00002 | 0,000014 | 0,0000007 |
| CV 1 % | - | 0,65 | 0,58 | 0,62 | 0,13 |
| CV 2 % | - | 0,63 | 0,51 | 0,37 | 0,09 |

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; **= significativo a 1% de probabilidade; *= significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo; ¹ Dados transformados em Raiz de X+1

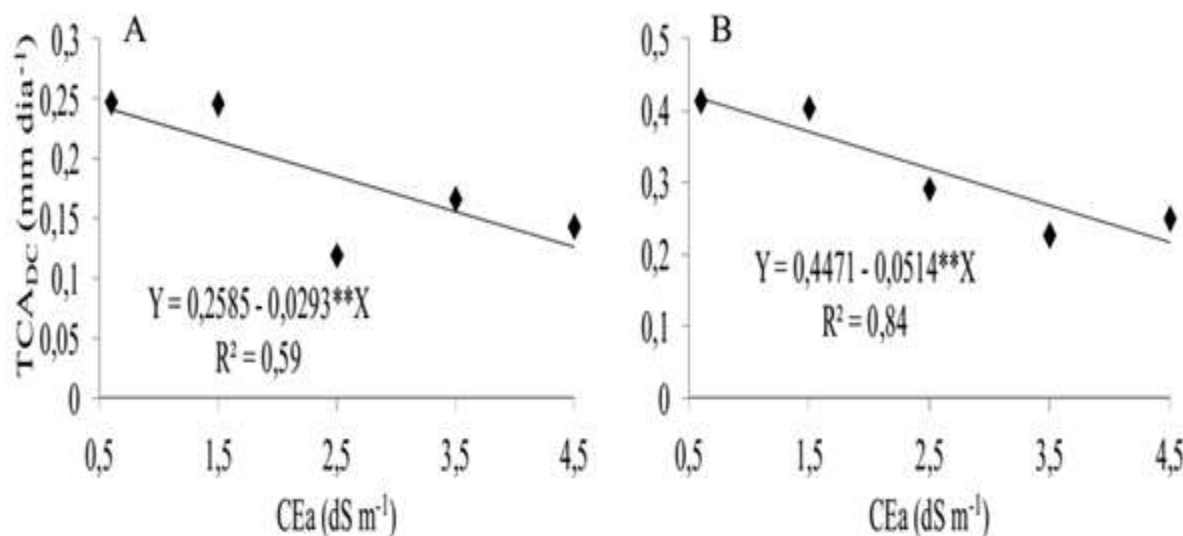
Seguindo a tendência da altura de planta, a TCA_{DC} foi afetada pela salinidade da água de irrigação apenas nos dois primeiros intervalos de avaliação, de forma linear decrescente. O decréscimo observado no período de 15-30 DAS foi de 11% por acréscimo unitário da condutividade elétrica, uma redução total de 45,33% ($0,117 \text{ mm d}^{-1}$) no nível S_5 em relação ao S_1 (Figura 3A). No período de avaliação de 31-45 DAS, foram registrados decréscimos de 11,49% por aumento unitário da CE_a , ou seja, as plantas irrigadas com água de CE_a no valor de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, obtiveram decréscimos de 45,98% ($0,21 \text{ mm d}^{-1}$) na TCA_{DC} em relação àquelas irrigadas com a água de condutividade no valor de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Verificou-se que entre os períodos de avaliações não houve reduções drásticas nos valores de TCA_{DC} , demonstrando que o efeito deletério da salinidade é semelhante nos períodos analisados (Figura 3B).

Tabela 5. Resumo das análises de variância para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar de plantas de girassol nos períodos de 15 - 30, 31 - 45, 46 - 60, 61 - 75 dias após o semeio - DAS, irrigadas com diferentes salinidades e adubação nitrogenada

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios | | | |
|-------------------|----|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Período de avaliação - DAS | | | |
| | | 15 - 30 ¹ | 31 - 45 ¹ | 46 - 60 ¹ | 61 - 75 ¹ |
| Salinidade (S) | 4 | 0,010** | 0,0212** | 0,0088 ^{ns} | 0,00005 ^{ns} |
| Reg. Linear | 1 | 0,025** | 0,0719** | - | - |
| Reg. Quadrática | 1 | 0,004 ^{ns} | 0,0034 ^{ns} | - | - |
| Desvio Regres. | 2 | 0,006* | 0,0047 ^{ns} | - | - |
| Blocos | 2 | 0,003 ^{ns} | 0,0006 ^{ns} | 0,0028 ^{ns} | 0,00005 ^{ns} |
| Resíduo 1 | 8 | 0,001 | 0,0015 | 0,0024 | 0,00018 |
| Nitrogênio (N) | 4 | 0,002 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,0001 ^{ns} | 0,00023 ^{ns} |
| Interação SxN | 16 | 0,001 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,0010 ^{ns} | 0,00008 ^{ns} |
| Resíduo 2 | 40 | 0,001 | 0,0008 | 0,0011 | 0,00010 |
| CV 1 % | - | 3,17 | 3,43 | 4,61 | 1,35 |
| CV 2 % | - | 3,12 | 2,57 | 3,07 | 1,00 |

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; **= significativo a 1% de probabilidade; *= significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo; ¹ Dados transformados em raiz de x + 1

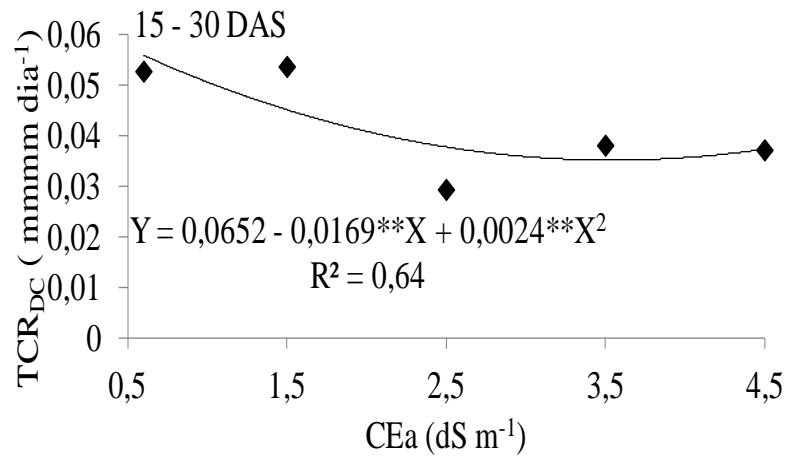
Figura 3. Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCA_{DC}) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) avaliada nos períodos de (A) 15-30 (B) 31-45 DAS em função da salinidade da água de irrigação.



Segundo Flowers (2004), a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais.

Com relação à variável TCR_{DC}, só houve efeito significativo do fator salinidade no período de 15-30 DAS. A regressão se ajustou ao modelo quadrático (Figura 4), constatando-se que o menor valor obtido de TCR_{DC} foi de 0,036 mm mm⁻¹ d⁻¹ quando a CE_a foi igual a 3,52 dS m⁻¹.

Figura 4. Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCR_{DC}) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) avaliada nos períodos de 15-30 e 31-45 DAS em função da salinidade da água de irrigação.



De acordo com a análise de variância (Tabela 6) os níveis de nitrogênio afetaram significativamente ($p < 0,01$) a fitomassa dos aquênios não viáveis (FANV), a percentagem de aquênios viáveis (%FAV) e a fitomassa seca total dos aquênios (FAT) corroborando com os resultados obtidos por Marchetti et al. (2001) para as mesmas variáveis. Entretanto, não houve efeitos significativos ($p > 0,05$) das doses de nitrogênio para o número total de aquênios (NTA) nem para o número de aquênios não viáveis (NANV) nem para o diâmetro do capítulo seco (DCS).

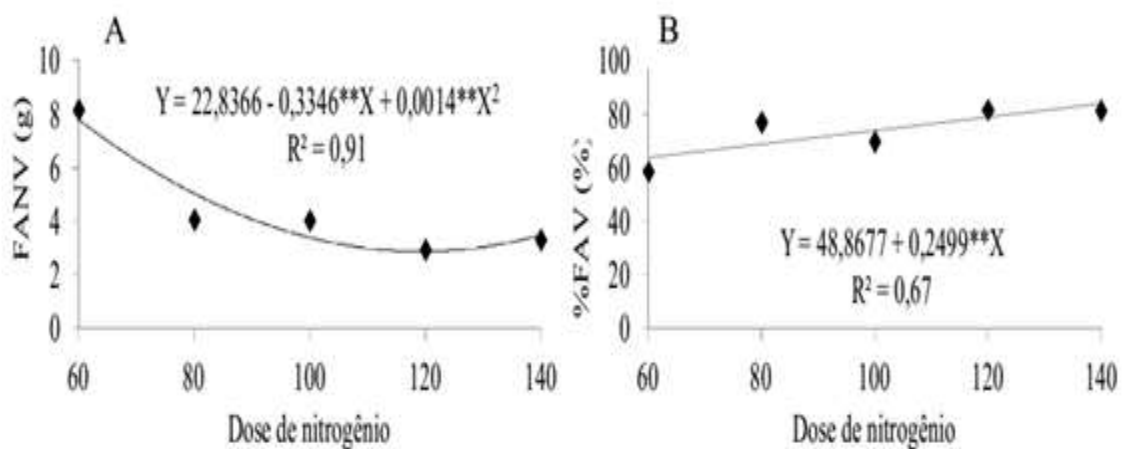
Tabela 6. Resumo das análises de variância para fitomassa dos aquênios não viáveis (FANV); percentual dos aquênios viáveis (%FAV); fitomassa dos aquênios totais (FAT); número totais de aquênios (NTA); número aquênios não viáveis (NANV) e o diâmetro do capitulo seco (DSC) das plantas de girassol em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada

| Fonte de Variação | GL | Quadrados médios | | | | | |
|-------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| | | FANV ² | %FAV ³ | FAT ¹ | NTA ¹ | NANV ⁴ | DCS |
| Salinidade (S) | 4 | 2,39* | 4,19 ^{ns} | 4,31** | 210,80** | 1,07** | 4532,33** |
| Reg. Linear | 1 | 8,07** | - | 15,47** | 744,50** | 3,49** | 17259,91* |
| Reg. Quadrática | 1 | 1,13 ^{ns} | - | 0,16 ^{ns} | 34,74 ^{ns} | 0,49 ^{ns} | 559,41* |
| Desvio Regres. | 2 | 0,16 ^{ns} | - | 0,79 ^{ns} | 31,97* | 0,13 ^{ns} | 155,00 ^{ns} |
| Blocos | 2 | 0,29 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 66,03** | 0,17 ^{ns} | 8,52 ^{ns} |
| Resíduo 1 | 8 | 0,52 | 1,71 | 0,66 | 6,72 | 0,15 | 37,55 |
| Nitrogênio (N) | 4 | 2,41** | 2,48 ^{ns} | 1,55* | 8,48 ^{ns} | 0,24 ^{ns} | 45,34 ^{ns} |
| Interação SxN | 16 | 0,59 ^{ns} | 1,41 ^{ns} | 0,62 ^{ns} | 6,62 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 46,67 ^{ns} |
| Resíduo 2 | 40 | 0,48 | 1,01 | 0,58 | 10,28 | 0,09 | 68,72 |
| CV 1 % | - | 32,77 | 34,64 | 19,88 | 12,81 | 17,29 | 7,32 |
| CV 2 % | - | 31,41 | 26,76 | 18,57 | 15,84 | 13,29 | 9,91 |

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** = significativo em nível de 0,01 de probabilidade; * = significativo em nível de 0,05 de probabilidade; ^{ns} = não significativo. ¹ dados transformados em Raiz de X; ² Dados transformados raiz de X+1, ³Dados transformados em Arco seno [Raiz (X)], ⁴Dados transformados LOG X

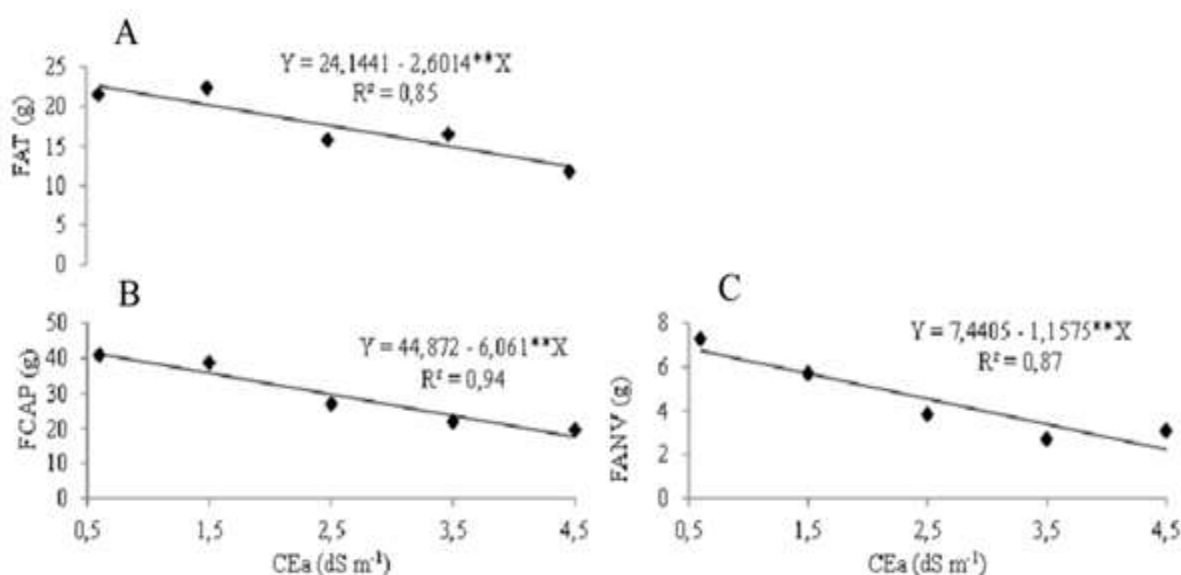
A FANV, em resposta às doses de nitrogênio, ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 5A), havendo redução da variável até atingir uma fitomassa de aquênios não viáveis de 2,84 g, proporcionados por uma dose de nitrogênio correspondente a 119,5% da recomendada de Novais et al. (1991). Com relação ao percentual de aquênios viáveis (%FAV), Figura 5B, houve melhor ajuste da variável ao modelo linear crescente, onde foi observado acréscimo de 0,51% por incremento unitário da dose de nitrogênio, ou seja, aumento de 40,91% (19,99% de aquênios viáveis).

Figura 5. (A) Fitomassa dos aquênios não viáveis (FANV) e (B) percentual de aquênios viáveis (%FAV) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) em função da dose de nitrogênio.



Pode-se observar que a salinidade da água de irrigação propiciou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre as variáveis FANV, FCAP, FAT e %FAV. A variável FCAP ajustou-se ao modelo linear (Figura 6) e, conforme análises da regressão, foram verificados decréscimos na ordem de 13,51% por aumento unitário da CE_a e redução total de 54,02% (24,2 g) na FCAP (Figura 6B) das plantas irrigadas com água de CE_a de 4,5 $dS\ m^{-1}$, em relação às testemunhas ($CE_a = 0,5\ dS\ m^{-1}$).

Figura 6. (A) Fitomassa seca total, dos capítulos (FCAP); (B) dos aquênios total (FAT) e (C) aquênios não viáveis (FANV) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) em função da salinidade da água de irrigação.



Com relação à FAT (Figura 6A), com o aumento crescente na condutividade elétrica na água de irrigação, constatou-se redução de 10,77% por aumento unitário da CE_a , ou seja,

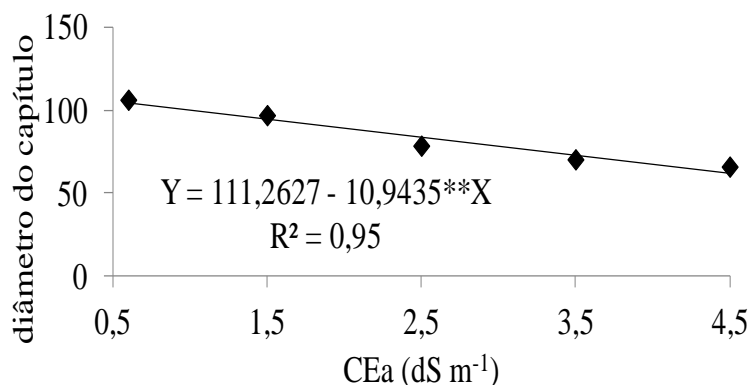
redução de 43,09% (10,40 g) na FAT das plantas irrigadas com água de 4,5 dS m⁻¹ em relação às submetidas a 0,5 dS m⁻¹. Já a FANV (Figura 6C), que também se ajustou ao modelo linear, sofreu redução de 15,55% por aumento unitário da CE_a, ou seja, a FANV entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ decresceu 62,22% (4,62 g), mostrando que a cada aumento da CE_a pior será a produtividade.

Segundo Ayers e Westcot (1999), com o aumento da salinidade, o potencial total de energia da água no solo se torna cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá maior dificuldade para absorvê-la, apesar da sua disponibilidade no solo, acarretando com isso, resposta negativa sobre os componentes da produção.

Gulzar et al. (2003) relatam ainda que, o estresse provocado pelo excesso de íons, em geral, diminui a assimilação de CO₂, condutância estomática, transpiração e fotossíntese das plantas e, conseqüentemente, acabam por prejudicar a produção das culturas. Travassos et al. (2011), estudando a produção de aquênios sob irrigação com água salina, observaram perdas de 11,39% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação sobre a massa total de aquênios, corroborando os resultados obtidos nesse experimento.

O diâmetro do capítulo se comportou de maneira linear decrescente (Figura 7), registrando-se decréscimos por aumento unitário da CE_a de 9,83%, ou seja, as plantas que receberam água de CE_a= 4,5 dS m⁻¹ tiveram o DC reduzido em 39,34% (43,77 mm) em relação àquelas que receberam água com CE_a = 0,5 dS m⁻¹.

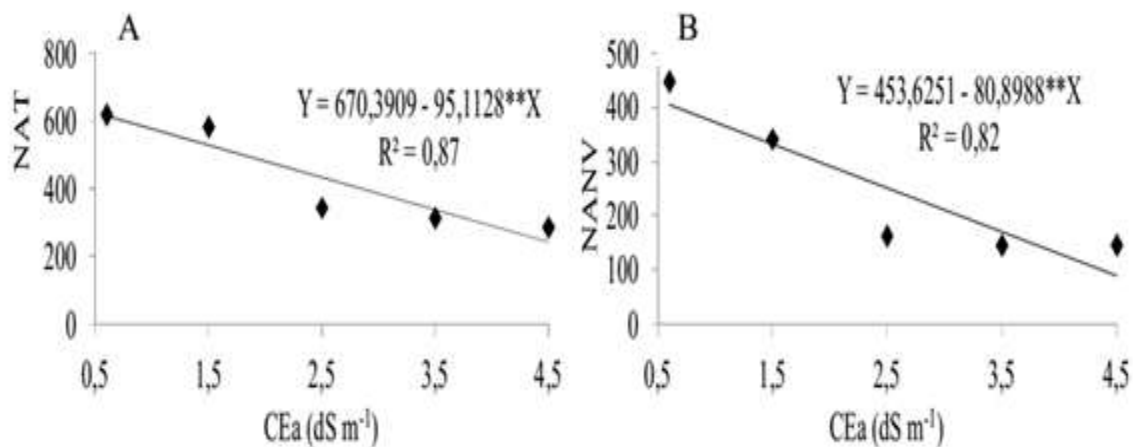
Figura 7. Diâmetro do capítulo seco (DCS) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) em função da salinidade da água de irrigação.



Observou-se também que a salinidade da água de irrigação teve efeito significativo ($p < 0,05$) para o número total de aquênios NTA e número de aquênios não viáveis (NANV). Para o número total de aquênios, de acordo com as equações de regressão (Figura 8A), verificou-se resposta linear decrescente da variável ao incremento da CE_a, ocorrendo decréscimo na ordem de 14,18% no NTA por aumento unitário da CE_a, resultando em um decréscimo total de 56,75% nas plantas irrigadas com os maiores níveis de CE_a (4,5 dS m⁻¹) em relação às testemunhas (0,5 dS m⁻¹).

Travassos et al. (2011) constataram decréscimo por aumento da CE_a de 9,64% para o número total de aquênios. O NANV também teve melhor ajuste ao modelo linear decrescente (Figura 8B) em que foi observada uma redução na ordem de 17,83% por aumento unitário de CE_a, ou seja, redução total de 71,33% no intervalo estudado.

Figura 8. (A) Número total de aquênios (NTA) e de (B) aquênios não viáveis (NANV) de planta de girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) em função da salinidade da água de irrigação.



De acordo com Cordão Sobrinho et al. (2007), a redução na produção pode ser provocada pela menor absorção de água pela planta. Quando o conteúdo de NaCl no solo é alto, a absorção de nutrientes minerais, especialmente NO_3^- , K^+ e Ca^{2+} , é reduzida, além disso, quando os sais excedem o nível de tolerância da planta, a fotossíntese é limitada, devido ao fechamento estomático e pelo efeito do sal sobre os cloroplastos, em particular sobre o transporte eletrônico e sobre os processos secundários (Larcher 2000), o que resulta em redução na produção da planta.

6 CONCLUSÕES

Não houve efeito significativo dos níveis de nitrogênio sobre as taxas de crescimento do girassol (*Helianthus annuus* L., cv. EMBRAPA 122/V-2000) em nenhum dos períodos avaliados, no entanto a fitomassa seca total dos aquênios, dos aquênios não viáveis e a percentagem de aquênios viáveis foram afetados significativamente.

A salinidade da água de irrigação teve um efeito significativo negativo sobre as taxas de crescimento de altura e diâmetro do caule do girassol, a partir dos 30 dias após a semeadura.

A salinidade da água de irrigação teve um efeito significativo decrescente sobre a fitomassa do capítulo, dos aquênios, dos aquênios não viáveis e sobre a percentagem de aquênios viáveis do girassol, diminuindo em geral a produção do girassol.

7 REFERÊNCIAS

ARRUDA, F.P.; ANDRADE, A.P. DE; SILVA, I. DE F.; PEREIRA, I.E.; GUIMARÃES, M.A.M. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.21-27, 2002.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Informativo da safra de girassol, Brasília 2011, 5p.

CORDÃO SOBRINHO, F.P.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. de M.; SOARES, F.A.L.; TERCEIRO NETO, C.P.C. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS-200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.284-292, 2007.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 129-141.

DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M. de; SOUSA NETO, O.N. de; BLANCO, F.F.; REBOLÇAS, L.R. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p.915-921, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. EMBRAPA: CNPS, Brasília, 2009. 627 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

GULZAR, S.; KHAN, M.A.; UNGAR, I.A. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. **Soil Science and Plant Analysis**, v.34, n.17, p.2595-2605, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

MARCHETTI, M.E.; MOTOMYA, W.R.; FABRÍCIO, A.C.; NOVELINO, J.O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**, v.23, n.5, p.1107-1110, 2001.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (coord.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, p.189-255, 1991.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agricultural Handbook, 60.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L.A. de; KORNDORFER, A.P.; KORNDORFER, G.H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, n.134, n.1, p.14-20, 2011.

SANTOS, A. N.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; SILVA, D.J.R.; MONTENEGRO, A.A.A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em

Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.961–969, 2010.

SANTOS JUNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; GUEDES FILHO, D.H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F.A.L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.842-849, 2011.

TRAVASSOS, K.D.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; SILVA, D.R.S.; NASCIMENTO, A.K.S. do; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.371-376, 2011.

USDA - United State Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: world market and trade**. Washington: USDA. 2005. 28 p. (USDA, Circular Serie, FOP 08-05).