



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL IRRIGADO COM  
ÁGUA DE DIFERENTES NATUREZA CATIÔNICA E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

**JOSÉ RAIMUNDO DE SOUSA JÚNIOR**

Campina Grande - PB

Fevereiro - 2016

**JOSÉ RAIMUNDO DE SOUSA JÚNIOR**

Engenheiro Agrônomo

**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL IRRIGADO COM  
ÁGUA DE DIFERENTES NATUREZA CATIÔNICA E ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Orientadores:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima

Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande-PB

Fevereiro–2016



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO**

**JOSÉ RAIMUNDO DE SOUSA JÚNIOR**

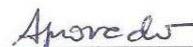
**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL IRRIGADO COM ÁGUA DE  
DIFERENTES NATUREZAS CATIÔNICAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

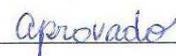


**Dr<sup>a</sup>. Vera Lucia Antunes de Lima**  
Orientadora - UAEA/UFCEG



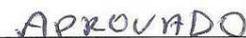


**Dr. Geovani Soares de Lima**  
Orientador - PNPd/CAPES/UFCEG





**Dr. João Batista dos Santos**  
Examinador - PDJ/CNPq/UFCEG





**Dr. Patrício Borges Maracajá**  
Examinador - CCTA/UFCEG



**FEVEREIRO – 2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S725m Sousa Júnior, José Raimundo de.  
Morfofisiologia e produção do girassol irrigado com água de diferentes natureza catiônica e adubação nitrogenada / José Raimundo de Sousa Júnior. – Campina Grande, 2016.  
55f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

1. Irrigação Agrícola. 2. Girassol - Produção. 3. Estresse Salino. 4. Qualidade da Água. 5. Adubação Nitrogenada. I. Lima, Vera Lucia Antunes de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 631.67(043)

A meu pai, José Raimundo de Souza Neto (*in memoriam*),  
pelos ensinamentos de vida, por ter sido base na  
construção dos meus princípios, pelo exemplo de ser  
humano e principalmente por acreditar, que mesmo nos  
momentos mais difíceis da vida, sempre vale a pena viver!  
Saudades...

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado abençoando-me com coragem e sabedoria para realização deste trabalho.

À Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de fazer o curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na área de concentração de Irrigação e Drenagem.

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, expresso o meu agradecimento pela orientação e apoio nos momentos que necessitei.

Ao meu co-orientador, Dr. Geovani Soares de Lima, pela amizade, incentivo e por sua valiosa contribuição acadêmica nos ensinamentos a mim transmitidos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudo oferecida durante o curso.

Aos examinadores Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá e Dr. João Batista dos Santos, pelas significativas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Ao Dr. Hans Raj Gheyi, Professor da UAEAg/UFCG, pelos ensinamentos e pela contribuição neste trabalho.

A todos os professores que direta ou indiretamente contribuíram para o meu aprendizado.

Aos amigos da pós-graduação da UFCG pela convivência harmoniosa e apoio na execução do experimento, em especial a Jônatas Raulino, Guilherme de Freitas e Elysson Marcks.

Aos meus familiares, que mesmo distantes me apoiaram na concretização desse sonho.

A minha namorada Saskya Lavinnya, pelo amor, compreensão, dedicação e paciência.

Em fim a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram com minha formação profissional.

O meu reconhecimento e agradecimento. Muito Obrigado.

## SUMÁRIO

Pág.

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	viii
<b>RESUMO.....</b>	ix
<b>ABSTRACT.....</b>	xi
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	13
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos.....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	16
2.1. A cultura do girassol.....	16
2.1.1. Aspectos botânicos.....	16
2.1.2. Aspectos socioeconômicos.....	17
2.2. Qualidade da água em regiões semiáridas.....	18
2.3. O efeito dos sais nas plantas e no solo.....	19
2.3.1. Salinidade da água e seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento do girassol.....	21
2.4. Salinidade e nutrição mineral.....	22
2.5. Adubação nitrogenada.....	23
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	29
4.1. Crescimento e formação de fitomassas.....	29
4.2. Trocas gasosas.....	36
4.3. Componentes de produção.....	39
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	44
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	45

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	26
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca das folhas (FSF) das plantas de girassol, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio, aos 70 dias após o semeadura.....	29
<b>Tabela 3.</b> Estimativa de média referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca das folhas (FSF) das plantas de girassol irrigada com água de diferentes tipos de salinidade, aos 70 dias após a semeadura.....	31
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A) e eficiência intrínscica do uso da água (EUA) aos 56 dias após a emergência, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.....	37
<b>Tabela 5.</b> Estimativa de média referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI), transpiração (E), taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A) e eficiência intrínscica do uso da água (EUA) aos 56 dias após a emergência, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.....	39
<b>Tabela 6.</b> Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA) das plantas de girassol cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.....	40
<b>Tabela 7.</b> Estimativa de média referente ao diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA) das plantas de girassol cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.....	41

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Semeadura (A) e toneis utilizados no acondicionamento das águas salinas (B).....	26
<b>Figura 2.</b> Visão geral do experimento aos 30 (A) e 60 dias após a semeadura (B).....	28
<b>Figura 3.</b> Diâmetro do capítulo externo (DCE1 e DCE2 ) e interno (DCI1 e DCI2).....	28
<b>Figura 4.</b> Altura das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (A) e em função de doses de nitrogênio (B) aos 70 DAS.....	28
<b>Figura 5.</b> Diâmetro do caule das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (A) e área foliar das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água e de doses de nitrogênio (B) aos 70 DAS.....	30
<b>Figura 6.</b> Fitomassa seca do caule FSC (A) e fitomassa seca das folhas FSF das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (B) e em função de doses de nitrogênio (C).....	32
<b>Figura 7.</b> Condutância estomática (gs) (A) e taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A) (B) em função da natureza catiônica da água aos 56 DAS.....	38
<b>Figura 8.</b> Diâmetro do capítulo externo – DCE (A) e diâmetro do capítulo interno – DCI (B) de girassol, em função da natureza catiônica da água.....	41
<b>Figura 9.</b> Fitomassa seca do capítulo – FSCa (A) em função da natureza catiônica da água e de doses de nitrogênio, fitomassa do capítulo com aquênios – FCA (B) e fitomassa de aquênios – FA (C) de girassol, em função da natureza catiônica da água.....	43

SOUSA JÚNIOR, J. R. de. **Morfofisiologia e produção do girassol irrigado com água de diferentes natureza catiônica e adubação nitrogenada**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO

No semiárido brasileiro é comum encontrar águas com elevadas concentrações salinas e com variação na sua composição catiônica. Neste sentido objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a influência da irrigação com água de diferentes salinidades e natureza catiônica associada a doses de nitrogênio sobre o crescimento, a fisiologia e a produção do girassol cv. BRS 324. O estudo foi conduzido em vasos adaptados como lisímetros, sob condições de campo, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, durante o período de Novembro de 2014 a Janeiro de 2015. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo cinco combinações de salinidade e natureza catiônica da água - S (S<sub>1</sub> - Testemunha; S<sub>2</sub> - NaCl; S<sub>3</sub> - CaCl<sub>2</sub>; S<sub>4</sub> - KCl e S<sub>5</sub> - NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>) e cinco doses de nitrogênio (N<sub>1</sub> - 50; N<sub>2</sub> - 75; N<sub>3</sub> - 100; N<sub>4</sub> - 125 e N<sub>5</sub> - 150 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo). Utilizou-se na irrigação, água com condutividade elétrica – CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup> para a testemunha (S<sub>1</sub>) e 5,0 dS m<sup>-1</sup> para os demais tratamentos (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>); aos 70 dias após a semeadura (DAS) foram avaliados: diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), área foliar (AF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca das folhas (FSF); já aos 56 DAS, foram obtidas a condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), a concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), a transpiração (*E*), a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) e a eficiência intrínseca do uso da água (EUA); determinou-se também o diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’ e, quando significativo, realizou-se o teste de comparação de médias (Tukey) para o fator “natureza catiônica da água” e análise de regressão para o fator “doses de nitrogênio”. O crescimento e os parâmetros de produção do girassol cv. BRS 324 foram mais influenciados pela salinidade quando comparados com a natureza catiônica da água de irrigação; as trocas gasosas foram influenciadas de forma negativa pela natureza catiônica da água de irrigação, principalmente na condutância estomática e na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, sendo que dentre os cations avaliados o potássio proporcionou os maiores valores para essas variáveis; com relação à adubação nitrogenada, as

doses de 50 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo proporcionaram melhores resultados para altura de plantas; já para área foliar e de produção de fitomassa seca de folhas, a melhor dose foi a de 100 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo.

**Palavras-chave:** estresse salino, qualidade de água, nitrogênio.

SOUSA JÚNIOR, J. R. de. **Morphophysiology and production of sunflower irrigation with water of different cationic nature and nitrogen fertilization**. 2016. 55 f. Dissertation (Masters in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

### ABSTRACT

In the Brazilian semiarid is common to find water with high salt concentrations and variation in its cationic composition. In this sense, the aim with the present work was to evaluate the influence of irrigation water of different salinities and cationic nature associated to nitrogen rates on the growth, physiology and production of sunflower cv. BRS 324. The study was conducted vases adapted as lysimeters under field conditions at the Center for Technology and Natural Resources of the Federal University of Campina Grande, during the period from November 2014 to January 2015. The design utilized was a randomized blocks in a factorial 5 x 5 with three replications, five combinations of salinity and cationic nature of water - S (S<sub>1</sub> - Witness; S<sub>2</sub> - NaCl; S<sub>3</sub> - CaCl<sub>2</sub>; S<sub>4</sub> - KCl and S<sub>5</sub> - NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>) and five nitrogen rates (N<sub>1</sub> - 50; N<sub>2</sub> - 75; N<sub>3</sub> - 100; N<sub>4</sub> - 125 and N<sub>5</sub> - 150 mg N kg<sup>-1</sup>soil). Used in water irrigation with electrical conductivity - CE<sub>w</sub> de 0,5 dS m<sup>-1</sup> to the witness (S<sub>1</sub>), and 5,0 dS m<sup>-1</sup> to other treatments (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> and S<sub>5</sub>); 70 days after sowing (DAS) were evaluated: stem diameter (DC), plant height (PH), leaf area (LA), dry matter of the stem (FSC) and dry mass of leaves (FSF); Already at 56 DAS, it was obtained stomatal conductance (gs), internal CO<sub>2</sub> concentration (Ci), transpiration (E), CO<sub>2</sub> assimilation rate (A) and intrinsic efficiency of water use (USA); Also determined whether it diameter of the outer chapter (DCE), the internal diameter chapter (DCI), chapter of biomass with achenes (FCA), dry mass of the chapter (FSCa) and biomass of achenes (FA). The data obtained were subjected to analysis of variance by the test 'F'; when significant was held a mean comparison test (Tukey) for the factor "cationic nature of water" and regression analysis to the factor "nitrogen rates." The growth and production parameters. sunflower cv BRS 324 were more affected by salinity when compared to the cationic nature of the irrigation water; The gas exchanges were influenced negatively by cationic nature of irrigation water, principamente in stomatal conductance and CO<sub>2</sub> assimilation rate, and among the evaluated cations, potassium afforded the highest values for these variables; with respect to nitrogen fertilizer, doses of 50 mg N kg<sup>-1</sup>

soil provided better results for plant height; as to leaf area and dry mass production leaves the best dose was 100 mg N kg<sup>-1</sup> soil.

**Key-words:** salt stress, water quality, nitrogen.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por combustíveis e a preocupação ambiental com o esgotamento das reservas energéticas não renováveis, têm despertado o interesse dos países desenvolvidos e em desenvolvimento a buscar novas alternativas economicamente e ambientalmente corretas para atender a esta demanda. Neste contexto, o Brasil tem potencial para ser grande exportador mundial de biocombustíveis, sobretudo no cenário atual de grandes mudanças climáticas. Assim, a produção de biodiesel é estratégica para o país contribuir na geração de emprego, renda e desenvolvimento, notadamente para o semiárido (PLAZA et al., 2009).

Dentre as matérias-primas de origem vegetal o girassol se destaca em nível mundial como a quinta oleaginosa, ficando atrás somente das culturas de soja, colza, algodão e amendoim. Quarta oleaginosa em produção de farelo depois da soja, colza e algodão e terceira em produção mundial de óleo, depois da soja e colza (GAZZOLA et al., 2012), devido às características apresentadas por esta cultura, do ponto de vista agrícola e econômico (SILVA et al., 2013).

O semiárido do Nordeste brasileiro apresenta características climáticas bem definidas, com precipitações escassas e irregulares além de elevada evapotranspiração. Assim, a melhor forma de garantir a produção agrícola é por meio da irrigação; entretanto, nesta região as águas usadas na irrigação apresentam teores relativamente elevados de sais (LIMA et al., 2008), podendo ultrapassar  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  (ALVES et al., 2011). Levando em consideração que as ofertas dos recursos hídricos de boa qualidade estão cada vez mais reduzidas, o uso de água salina na agricultura deve ser considerado como alternativa importante.

Segundo Alves et al., (2011), as águas fissurais localizadas no cristalino, apresentam níveis de salinidade sempre elevados com condutividade elétrica, sempre maior que  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , atingindo frequentemente  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ .

O uso de água com excesso de sais poderá, porém, limitar o crescimento e a produção dos vegetais em virtude da redução do potencial osmótico na solução do solo, podendo também ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrios nutricionais ou ambos, devido à acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais, especialmente cloreto e sódio (FLOWERS, 2004), entretanto, a sensibilidade das plantas à salinidade varia entre espécies, cultivares da mesma espécie além de alguns fatores, como o tipo e a concentração de sal, o

tempo de exposições, estágio fenológico, fatores edafoclimáticos, bem como da interação entre eles (ASHRAF & HARRIS, 2004).

A fim de minimizar os efeitos deletérios ocasionados pela salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e a produtividade do girassol, várias estratégias vêm sendo pesquisadas, em destaque para o uso de fertilizantes nitrogenados (FLORES et al., 2001; BISCARO et al., 2008; NOBRE et al., 2010; NOBRE et al., 2011). Por se tratar do macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, o nitrogênio está entre as principais técnicas de manejo (MILLER & CRAMER, 2004). De acordo com Epstein & Bloom (2006), o nitrogênio exerce funções fisiológicas importantes na formação de compostos orgânicos destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, vitaminas e clorofila, entre outros. Como constituinte desses compostos, o nitrogênio está envolvido nos processos que ocorrem no protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese

Embora existam pesquisas desenvolvidas com o cultivo do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada, são escassos os resultados disponíveis de estudos sobre o uso de águas de natureza catiônica diferenciada e doses de nitrogênio na cultura do girassol. Neste sentido, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nessas áreas sobressai em importância para identificar o tipo de sal associado à adubação nitrogenada que proporcione menores danos sobre os aspectos fisiológicos e produtivos de girassol a fim de melhorar a viabilidade do seu cultivo no semiárido do Nordeste brasileiro.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Avaliar o crescimento, a fisiologia e a produção do girassol cv. BRS 324 sob o efeito de diferentes tipos de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Avaliar o crescimento do girassol irrigado com águas salinas e natureza catiônica distinta da água de irrigação;
- Estudar índices fisiológicos do girassol relativos às trocas gasosas, em função do uso de águas de diferentes tipos de salinidade e adubação nitrogenada;
- Avaliar a influência da irrigação com água salina e dos diferentes cátions sobre a produção e seus componentes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura do girassol

#### 2.1.1. Aspectos botânicos

O girassol é uma dicotiledônea anual, pertencente à família Asteraceae, que possui o maior número de espécies entre as dicotiledôneas; são também conhecidas por Compositae ou compostas, com mais de 20.000 espécies divididas em 1.100 gêneros. Entre os representantes da família Compositae estão: margarida (*Bellis perennis*), girassol (*Helianthus annuus*), crisântemo (*Chrysanthemum* sp.), absinto (*Artemisia absinthium* L.), encontrados em diversos habitats, em regiões tropicais, subtropicais e temperadas (LEITE et al., 2005).

Originária na América do Norte, o girassol se adapta a diversas condições edafoclimáticas, sendo cultivado em todos os continentes (EMBRAPA, 2002).

A planta possui caule ereto e vigoroso sem ramificações, sendo cilíndrico com o seu interior maciço e superfície exterior rugosa; sua altura nas variedades comerciais varia entre 0,3 e 5,0 m enquanto o diâmetro da haste varia entre 1 e 10 cm; as folhas de girassol podem apresentar até 30 cm de largura e 50 cm de comprimento, variando em número de 8 a 70, dependendo das condições de cultivo; as cores oscilam do verde-escuro ao verde-amarelado; o pecíolo possui, na parte superior, uma espécie de canaleta que leva a água das chuvas até o caule escorrendo até as raízes (WATANABE, 2007).

O sistema radicular é pivotante e bastante ramificado e, não havendo impedimentos químicos ou físicos, explora grande profundidade de solo absorvendo água e nutrientes em que outras plantas normalmente não alcançam. Entretanto, é sensível a solos compactados, apresentando baixa capacidade de penetração, o que pode inibir seu crescimento em profundidade (CASTRO et al., 1996).

A planta apresenta inflorescência do tipo capítulo, com formação plana, convexa ou côncava, com flores do disco dando origem aos frutos ou grãos, denominados aquênios e as flores do raio, que são estéreis, servindo para atrair insetos polinizadores, pelo fato de possui fecundação cruzada, sendo feita basicamente por insetos, particularmente as abelhas. Geralmente, os capítulos possuem diâmetros de 6 a 50 cm, com 100 a 8000 flores e de 800 a 1.700 aquênios por capítulo (CASTRO et al., 1997).

Possui uma necessidade hídrica que varia entre 200 até 900 mm porém os 200 mm devem ser bem distribuídos até os 70 dias, sendo suficientes para se obter boa produtividade.

O período que exige maior demanda hídrica é entre os 10 e 15 dias antes do início do florescimento e até 10 a 15 dias após o final da floração (LIRA et al., 2011). De acordo com Schneiter & Miller (1981) o girassol apresenta o estágio de desenvolvimento vegetativo, dividido em duas fases: a de emergência e a de desenvolvimento de folhas verdadeiras. O número de estádios vegetativos depende do número de folhas verdadeiras; o número de dias correspondentes ao estágio vegetativo varia com o genótipo e com fatores ambientais; já o estágio reprodutivo é dividido em nove fases baseadas no desenvolvimento da inflorescência, desde seu aparecimento visual até a maturidade fisiológica da semente.

### **2.1.2. Aspectos socioeconômicos**

O cultivo do girassol tem despertado interesse em todo o mundo devido à sua reconhecida importância socioeconômica. Seus principais produtos são o óleo produzido de suas sementes e ração animal, além de ser amplamente utilizado na alimentação humana na forma de farinhas e óleo, concentrados e isolados proteicos, serve como planta melífera, ornamental, podendo ainda ser utilizada na produção de biocombustíveis (MORGADO et al., 2002; CARRÃO PANAZZI & MANDARINO, 2005; NEVES et al., 2005; CORRÊA et al., 2008).

Mantendo-se entre as principais oleaginosas cultivadas no mundo, o óleo se destaca por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais. Suas sementes apresentam teores de óleo que variam entre 38 e 50% e de proteínas variando entre 20 e 25% (VENKTESH & PRAKASH, 1993). Por ser rico em ácidos graxos insaturados, o óleo é considerado nobre e com elevado valor nutricional e com presença marcante em sua composição do ácido linoleico em torno de 69%. Por ser essencial ao organismo humano, o mesmo deve ser ingerido através dos alimentos na forma de margarinas, azeites e óleos refinados já que não é sintetizado pelo organismo (CASTRO et al., 1996; OLIVEIRA et al., 2004). Também desempenha funções importantes como produto farmacêutico, atuando como anti-inflamatório e redutor de colesterol contribuindo assim para a prevenção da aterosclerose e dos problemas cardiovasculares (CASTRO et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2004).

O girassol também é considerado excelente opção para a rotação e sucessão de culturas (DALLAGNOL et al., 2005).

No território brasileiro a maior parte das terras é considerada apta para o cultivo, por apresentar condições climáticas satisfatórias e por ser uma cultura que apresenta

características agronômicas peculiares, como maior tolerância à seca (CASTRO et al., 1996; ALBUQUERQUE et al., 2001). Entretanto, no Brasil a área cultivada de girassol na safra de 2013/14 foi de cerca de 145,7 mil hectares, obtendo uma produção total de 232,7 mil toneladas; já na safra de 2014/15, as áreas cultivadas chegaram a 111,5 mil hectares, atingindo a produção de 153,2 mil toneladas, sendo a maior parte do cultivo na região centro-oeste do país (CONAB, 2015).

## **2.2. Qualidade da água em regiões semiáridas**

No semiárido brasileiro as taxas de precipitação são baixas e irregulares, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e a característica geológica desta região, favorecem situação de escassez de águas superficiais e desfavorecem a implantação de sistemas de produção agrícola convencionais, pois os mesmos necessitam de grandes quantidades de água (ALVES et al., 2011). No contexto geológico, a região semiárida se apresenta em termos de comportamento hidrológico, dividida em duas grandes unidades: o embasamento cristalino e as bacias sedimentares (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

De acordo com Audry & Suassuna (1995) nas regiões semiáridas as águas superficiais e subterrâneas apresentam elevadas concentrações iônicas, conferindo elevada salinidade, a qual pode estar acompanhada de alcalinidade igualmente alta. Com relação à sua composição química, as águas na natureza, qualquer que seja sua fonte, são constituídas basicamente de sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio, na forma de cloretos, sulfatos, bicarbonatos e carbonatos, embora a quantidade e o tipo desses sais possam variar bastante dependendo da fonte, localização geográfica e época de coleta (MEDEIROS, 1992).

Para se determinar a viabilidade do uso de determinada água de irrigação, deve-se levar em consideração sua concentração e composição química, a tolerância das culturas aos sais, as propriedades físicas e químicas do solo, as práticas de manejo do solo, água e culturas, as condições climáticas, o método de irrigação e as condições de drenagem (MEDEIROS, 1998). Entretanto, o uso indiscriminado de águas com concentração elevada pode comprometer a produção das culturas decorrente do processo de salinização dos solos.

Para minimizar os impactos negativos do uso de água salina na irrigação podem ser adotadas algumas estratégias, entre elas: a escolha de espécies ou cultivares mais tolerantes e a utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas, além de

diversas outras práticas visando à obtenção de boa produção vegetal com controle da salinização/sodificação do solo (LACERDA et al., 2009).

Outra estratégia é a mistura de águas de diferentes qualidades, possibilitando a redução da concentração de sais e o aumento da disponibilidade de água para irrigação (MALASH et al., 2005). No entanto, a mistura de água só é viável quando se dispõe de mais de uma fonte de água sendo isto possível em muitas situações práticas, particularmente quando se dispõe de fontes de águas superficiais e subterrâneas podendo-se optar, também, pelo uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações de sais (FLOWERS & FLOWERS, 2005). Essas estratégias reduzem os impactos da salinidade sobre o solo e a planta, além de aumentar a eficiência do uso da água de boa qualidade.

O uso de água de má qualidade é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e afetam a produção visto que a água é constituinte dos tecidos vegetais chegando até mesmo a constituir mais de 90% de algumas plantas; desta forma e para a utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional através de alternativas economicamente viáveis de modo que a cultura alcance a produtividade esperada (MEDEIROS et al., 2007).

### **2.3. O efeito dos sais nas plantas e no solo**

Os principais efeitos que a salinidade exerce sobre as plantas podem ser divididos em três categorias: efeitos osmóticos, devido à grande presença de sais na solução do solo reduzindo a disponibilidade de água em consequência da diminuição do potencial osmótico na zona radicular; efeitos por toxicidade específica dos íons como sódio, cloreto e boro e efeitos por desequilíbrio nutricional (MUNNS, 2002; FLOWERS, 2004; RIBEIRO et al., 2009; CAVALCANTE et al., 2010).

A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta (DIAS & BLANCO, 2010). Segundo Ayers & Westcot (1999), quanto maior o conteúdo de sais no solo maior também o esforço da planta para absorver a água; assim, ocorre a diminuição no uso consultivo da planta à medida que cresce a concentração de sais na região da zona radicular das culturas (ALLEN et al., 1996; MEDEIROS, 1998), podendo atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar o potencial

osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido, caracterizando a seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010).

A toxicidade de alguns íons sobre as culturas se reflete no acúmulo nas folhas, durante o processo de transpiração da planta, provocando danos, com redução de rendimentos. Sódio e cloreto são os principais íons tóxicos mais comumente contidos nas águas de irrigação. Logicamente, este risco está associado à sensibilidade da cultura irrigada e ao tipo de irrigação utilizada uma vez que quanto maior o contato da água com a planta, como, por exemplo, em sistemas por aspersão, maior também a possibilidade de verificação dos efeitos (AYERS & WESTCOT, 1994).

Em ambientes salinos o NaCl é predominante e também aquele que causa maiores danos às plantas. Os efeitos sobre a nutrição mineral são decorrentes da toxicidade dos íons em razão da absorção excessiva do Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> e do desequilíbrio nutricional favorecido por distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes. Os excessos de Na<sup>+</sup> e em especial de Cl<sup>-</sup> no protoplasma, ocasionam alterações em relação ao balanço iônico além dos efeitos específicos desses íons sobre as enzimas e membranas celulares (FLORES, 1990).

O excesso de Cl<sup>-</sup> nos tecidos vegetais pode reduzir a entrada de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e, conseqüentemente, uma diminuição considerável na disponibilidade de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas folhas (FLORES et al., 2000).

A magnitude dos danos depende do tempo, da concentração, da tolerância da cultura e do volume de água transpirado (SOUSA et al., 2011). O efeito facilmente observado é a redução no crescimento em razão dos desequilíbrios nutricionais e como consequência na produção (FERREIRA et al., 2001).

Além dos efeitos causados nas plantas os sais podem originar problemas aos solos principalmente em regiões como o semiárido nordestino brasileiro, cuja a evapotranspiração supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, em contrapartida, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE & FREIRE, 2007). Nesses ambientes há tendência de acúmulo de sais liberados dos minerais do material de origem (plagioclásio), predominantemente os cátions Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> e os ânions Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> (RIBEIRO et al., 2009).

O uso de águas salinas na irrigação para atender às necessidades hídricas das culturas nas regiões semiáridas, associado à qualidade da água e à falta de drenagem natural ou artificial, poderá resultar em alta concentração de sais solúveis na solução do solo e proporcionar a adsorção no complexo sortivo resultando na dispersão das argilas, decorrente

do efeito dispersante do alto nível de  $\text{Na}^+$  trocável no solo; com isto, a permeabilidade fica comprometida originando uma camada impermeabilizante com consequentes decréscimos nas taxas de infiltração no solo. Essas alterações físico-químicas comprometem o regime de umidade do solo, a aeração, nutrição e o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas (NUNES FILHO, 1984; LIMA, 1997; SMITH et al., 2009).

### **2.3.1. Salinidade da água e seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento do girassol**

A salinidade causa efeitos deletérios sob o crescimento e desenvolvimento das espécies mais variadas de plantas assim como no girassol (SILVA et al., 2009; NOBRE et al., 2010a), conforme Ayers & Westcot (1999) o girassol é moderadamente tolerante aos sais. Apresentando salinidade limiar de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  (FENSTER et al., 1976; HEIKAL et al., 1980). Neste contexto, diversas pesquisas foram desenvolvidas visando avaliar a influência da irrigação com águas salinas sob o crescimento e o desenvolvimento do girassol.

Estudando a germinação de três variedades de girassol em relação ao potencial osmótico da solução e dois tipos de sais ( $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2$ ), Dickmann et al., (2005) concluíram que o aumento do potencial osmótico das soluções salinas proporcionou um decréscimo na germinação e vigor das plântulas, podendo esta espécie ser considerada moderadamente tolerantes à salinidade.

Travassos et al., (2009) observaram, em estudo realizado com plantas de girassol cv. Embrapa 122/V-2000 irrigadas com águas salinas de  $1,0$  a  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  em condições de casa de vegetação, um decréscimo linear de  $0,15$  e  $0,62 \text{ mm}$  no diâmetro caulinar aos  $18$  e  $28 \text{ DAE}$ .

Nobre et al., (2010b) constataram, trabalhando com o girassol cv. Embrapa 122/V-2000 sob cinco diferentes níveis de salinidade da água de irrigação ( $\text{CEa } 0,5$  a  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ ) e doses de adubação nitrogenada, ao analisar as variáveis de produção do girassol, que a partir de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , a produção decresceu na ordem de  $14,5\%$  por elevação unitária da condutividade elétrica da água de irrigação.

Tendências decrescentes para altura de plantas também foram registradas por Travassos et al., (2011) após irrigarem plantas de girassol variedade Embrapa 122/V-2000 com águas salinas de  $0,5$  a  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , observaram uma altura máxima de plantas na ordem de  $141,29 \text{ cm}$  quando irrigadas com  $\text{CEa}$  de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  aos  $38$  dias após transplântio; já a altura mínima de plantas foi na ordem de  $90,37 \text{ cm}$ , quando irrigadas com  $\text{CEa}$  de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  aos  $37$

DAT. Neste mesmo estudo Travassos et al., (2011), verificaram que a produção de aquênios decresceu em 10,6% por incremento unitário da CE da água de irrigação

Silva et al., (2012) observaram, em experimento com girassol submetido a cinco níveis de salinidade (CEa de 0,5 a 6,5 dS m<sup>-1</sup>), avaliando o desenvolvimento inicial do girassol, uma redução na altura das plantas em cerca de 0,86 cm, por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação com os maiores valores obtidos nas plantas irrigadas com a salinidade de 0,5 dS m<sup>-1</sup> (17,7 cm) e os menores valores com a salinidade de 6,5 dS m<sup>-1</sup> (12,6 cm) resultando assim em redução total de 28,9%.

Rabbani et al., (2013) constataram, ao avaliar o efeito do estresse salino sobre a germinação de sementes de girassol, que a medida em que aumentou a concentração dos sais, a porcentagem de germinação (%G) e o índice de velocidade de germinação (IVG) foram influenciados negativamente.

Ribeiro et al., (2015) concluíram, ao estudarem o uso de água salina (CEa de 0,6 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e adubação nitrogenada em cultivos de girassol, que a salinidade da água de irrigação afeta negativamente o crescimento e reduz pela metade os componentes de produção da cultura do girassol.

Ao analisar o girassol (cv. Embrapa 122/V-2000), sob diferentes níveis de salinidade de água (CEa de 0,15 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e doses de nitrogênio, Guedes Filho et al., (2015), observaram que a produtividade em aquênios, o rendimento em óleo, o diâmetro do capítulo e a fitomassa seca do capítulo são inibidos pelo aumento da salinidade da água.

#### **2.4. Salinidade e nutrição mineral**

Entre os diversos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral das plantas existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma absorção maior de cloreto pela planta. Por outro lado, nitrogênio amoniacal reduz os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> na planta diminuindo a permeabilidade seletiva da membrana radicular e provocando aumento na absorção de cloreto quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio (KAFKAFI, 1984). Neste sentido, o mecanismo de seletividade de absorção iônica confere, à planta, a capacidade de discriminar elementos similares, como o Na<sup>+</sup> e o K<sup>+</sup>, característica primordial no processo de adaptação à salinidade (SHANNON, 1997).

A concentração salina na solução do solo promove efeitos negativos de ordem nutricional, de toxicidade e/ou interferindo na disponibilidade de outros íons (TESTER & DAVENPORT, 2003). De acordo com Gheyi et al., (1991) o excesso de um íon pode provocar deficiência de outro em virtude da precipitação ou inibição afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso de outro íon.

A redução no crescimento em resposta ao aumento da salinidade no meio de cultivo pode ser atribuída a um efeito direto dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  sobre processos fisiológicos importantes da planta (efeito tóxico) e a um efeito indireto, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, a qual pode não apenas induzir condições de estresse hídrico mais também afetar a condutância estomática (TESTER & DAVENPORT, 2003). O desequilíbrio nutricional provocado pela absorção excessiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , tal como dos distúrbios na absorção ou distribuição de vários elementos essenciais (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000; LACERDA, 2005) afeta sobretudo as concentrações de Ca, Mg e K na planta (WANDERLEY et al., 2010).

## **2.5. Adubação nitrogenada**

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas fato comprovado pelo alto consumo mundial deste elemento, superando o fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e o potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) sendo que este consumo tende a crescer sempre que a agricultura se intensifica e as produtividades aumentam. A resposta significativa à adubação nitrogenada é difícil de se prever já que este nutriente varia de ano a ano devido a fatores relacionados ao clima e ao uso anterior da área (RAIJ, 1991).

De acordo com Taiz & Zeiger (2013) o desenvolvimento das plantas apresenta elevada relação com o suprimento de nitrogênio, sobretudo porque este nutriente participa diretamente no metabolismo das plantas atuando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas.

A carência de nitrogênio prejudica o crescimento inicial da planta, já que este elemento faz parte dos aminoácidos e proteínas e sua falta retarda o crescimento inicial da planta por impossibilitar a incorporação de carbono. Desta forma e na medida em que a planta cresce, ocorre perda de clorofila e da enzima Rubisco (EPSTEIN & BLOOM, 2006) podendo ocorrer o amadurecimento precoce dos frutos, a redução da produtividade e a qualidade dos frutos (MARSCHNER, 1995).

O nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção do girassol e dos demais vegetais; no girassol seu excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo e doses elevadas podem aumentar a incidência de pragas e doenças afetando a produção de grãos (BISCARO et al., 2008). Santos et al., (2002) estudaram o comportamento de cultivares de girassol em diferentes condições de umidade e adubação nitrogenada e constataram que o efeito do nitrogênio sobre o rendimento ou acumulação de biomassa depende da disponibilidade de água no solo visto que o principal mecanismo de contato íon-raiz é governado pelo fluxo de massa.

De acordo com Flores et al., (2001) a fertilização nitrogenada além de promover o crescimento das plantas pode, também, reduzir o efeito da salinidade nos vegetais. Tal efeito pode ser atribuído às funções do nitrogênio nas plantas, haja vista que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros. Estudos têm demonstrado que o acúmulo desses solutos orgânicos eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

Guedes Filho et al., (2012) concluíram, ao analisar as plantas do girassol cv. Embrapa 122/V-2000 submetidas a 5 níveis de CEa (variando de 0,15 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e 4 doses de nitrogênio (variando de 40 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N), que a adubação nitrogenada exerce efeito linear crescente para o diâmetro do caule e quadrática para altura de planta. Já Ribeiro et al., (2015) constataram, estudando o uso de água salina e adubação nitrogenada (60, 80, 100, 120 e 140% do recomendado) em cultivos de girassol que a adubação nitrogenada, aliada à salinidade, não interfere nos índices biométricos e de produção pois o excesso de sais interfere no efeito do nitrogênio na planta.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido entre Novembro de 2014 e Janeiro de 2015, em vasos adaptados como lisímetros sob condição de campo em área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 07°15'18'' latitude S, 35°52'28'' de longitude W e altitude média de 532 m.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo utilizadas cinco combinações de salinidade

e natureza catiônica da água - S ( $S_1$  - Testemunha;  $S_2$  - NaCl;  $S_3$  -  $\text{CaCl}_2$ ;  $S_4$  - KCl e  $S_5$  -  $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2$ ), em que a CEa utilizada nas irrigações foi  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  para a testemunha e  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  para os demais tratamentos, preparadas com diferentes fontes de sais, todos na forma de cloreto e cinco doses de nitrogênio - N [ $N_1$  - 50;  $N_2$  - 75;  $N_3$  - 100;  $N_4$  - 125 e  $N_5$  - 150 mg de N  $\text{kg}^{-1}$  de solo conforme NOVAIS et al., (1991)] totalizando, desta forma, 75 parcelas experimentais, cada uma composta de 1 (uma) planta.

Para a obtenção das distintas águas utilizadas nas irrigações foram dissolvidos na água de abastecimento local, cloreto de sódio (NaCl), cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), potássio (KCl) e magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos cuja quantidade foi determinada conforme descrito na equação de Richards (1954) levando em consideração a relação entre a CEa e a concentração de sais ( $10 \cdot \text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Após o preparo das águas utilizou-se de um condutivímetro portátil para fazer a calibração da CEa; as respectivas águas foram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade de armazenamento.

Nesta pesquisa foram utilizadas sementes de girassol cultivar BRS 324, variedade precoce com ciclo de aproximadamente 100 dias apresentando alto teor de óleo nos aquênios, variando entre 45 e 49% e uma produtividade média de  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$  (EMBRAPA, 2013).

Para o cultivo das plantas utilizaram-se vasos adaptados como lisímetros com 100 L de capacidade, preenchidos com uma camada de 2,0 kg de brita (nº zero) seguidos de 100 kg de material de solo (tipo franco-argila-arenoso) devidamente destorroado, classificado como Argissolo Acinzentado Eutrófico, procedente do distrito de São José da Mata (Campina Grande-PB) com características físico-químicas (Tabela 1) quanto às análises, foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do CTRN/UFCG, conforme metodologia proposta por Claessem (1997).

Na base dos lisímetros havia um dreno de 4 mm de diâmetro acoplado a um furo para permitir a drenagem; a extremidade superior do dreno foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo e abaixo do mesmo havia uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água da cultura.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.

Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )	Porosidade total (%)	Umidade (%)		Água disponível (%)	Complexo sortivo					
		0,33 atm	15,0 atm		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	pH <sub>ps</sub>	CE <sub>es</sub>
1,14	57,93	14,00	4,87	9,13	.....(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ).....				-	(dS m <sup>-1</sup> )
					1,52	1,95	0,38	0,07	4,84	0,20

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; pH<sub>PS</sub> - pH da pasta de saturação; CE<sub>es</sub> - condutividade elétrica do extrato de saturação

A adubação fosfatada, potássica e nitrogenada, se baseou na metodologia contida em Novais et al., (1991). O fósforo foi aplicado em três épocas, 2/3 (superfosfato simples) aplicado em fundação, o que correspondeu a 125 g de superfosfato simples e 1/3 de fosfato monoamônio (M.A.P.) dividido em 2 aplicações iguais via fertirrigação, aos 10 DAE e 20 DAE, sendo 9,62 g de M.A.P. em cada aplicação; já a adubação potássica foi realizada juntamente com o fator nitrogênio dividido em 3 aplicações via fertirrigação em intervalos de 10 dias, a partir do 10 DAE. Em cada aplicação foram utilizados 8,62 g de cloreto de potássio e no tratamento N<sub>3</sub> (100% de N) utilizaram-se 4,85 g de ureia. Salienta-se que nas 2 primeiras aplicações teve finalidade complementar o nitrogênio disponibilizado pelo M.A.P. e 7,41 g de ureia na última aplicação, obedecendo aos tratamentos pré-estabelecidos.

A semeadura foi realizada em 02 de novembro de 2014, colocando-se 10 sementes de forma equidistante, na profundidade de 0,04 m; aos 18 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, ou seja, as de melhor vigor e aos 34 DAS foi realizado novo desbaste deixando-se uma planta por vaso.



**Figura 1.** Semeadura (A) e toneis utilizados no acondicionamento das águas salinas (B).

O solo foi mantido em capacidade de campo com irrigações diárias, mensuradas pelo consumo de água obtido pelo método da lisímetria de drenagem, ou seja, o volume aplicado menos o drenado, acrescido de fração de lixiviação média de 10% (LIMA et al., 2014).

Avaliaram-se, aos 70 DAS, o diâmetro do caule (DC), a altura de planta (AP) e a área foliar (AF). O DC foi medido a 5 cm do colo da planta; a AP foi mensurada do colo da planta à gema apical utilizando-se uma trena; a AF foi determinada pelo método não destrutivo proposta por Maldaner et al., (2009) (Eq. 1).

$$AF = 1,7582 \times L1,7067 \quad \text{Eq. (1)}$$

em que:

AF=Área foliar (cm<sup>2</sup>);

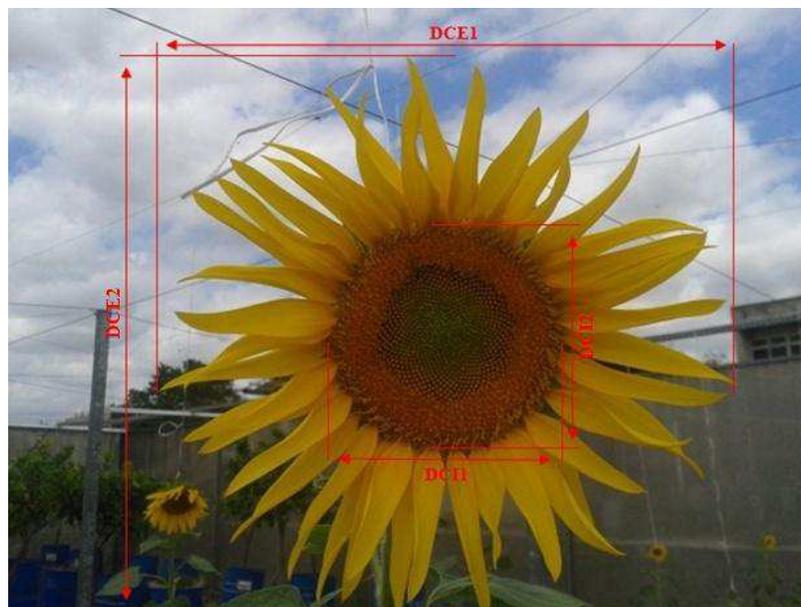
L= Largura do limbo foliar.

Para avaliação da fitomassa seca das folhas (FSF) e do caule (FSC) as plantas foram cortadas e separadas em folhas e caule e, em seguida, colocadas em saco de papel; posteriormente foram postas para secar em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 60 °C por 48 horas, a fim de se obter peso constante. Avaliaram-se, aos 56 DAS, os parâmetros fisiológicos do girassol, através da determinação da condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (*E*) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (CI) avaliadas na terceira folha contada a partir do ápice, usando-se o equipamento portátil de análises de trocas gasosas por meio de infravermelho (IRGA), denominado “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. De posse desses dados foi quantificada a eficiência no uso da água (EUA) (*A/E*) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]. (KONRAD et al., 2005; MELO et al., 2009).



**Figura 2.** Visão geral do experimento aos 30 (A) e 60 dias após a semeadura (B).

Para a avaliação do diâmetro do capítulo externo (DCE) e interno (DCI), foram mensurados, com régua milimétrica, os diâmetros na horizontal e vertical de forma a se obter a média aritmética (Figura 07). Já para determinação da fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA), foi calculada com base na produção de cada planta.



**Figura 3.** Diâmetro do capítulo externo (DCE1 e DCE2 ) e interno (DCI1 e DCI2).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’; quando significativo, realizou-se o teste de comparação de médias (Tukey a 0,05 de probabilidade) para o fator “natureza catiônica da água”, análise de regressão para as “doses de nitrogênio” e para os contrastes entre as médias dos tratamentos utilizou-se do software estatístico

SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2011). Os contrastes foram definidos da seguinte forma:  $\hat{y}_1$  ( $S_1$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ;  $S_5$ );  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  vs  $S_3$ );  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  vs  $S_4$ );  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Crescimento e formação de fitomassas

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 2) observa-se influência significativa do fator natureza catiônica da água para as variáveis: diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP), área foliar (AF), fitomassa seca das folhas (FSF) e do caule (FSC). Para o fator doses de nitrogênio (DN) houve diferença significativa para as variáveis: altura de plantas, área foliar e fitomassa seca das folhas; já para a interação entre a natureza catiônica da água de irrigação e doses de nitrogênio (S x DN) ocorreu efeito significativo apenas para a área foliar. Guedes Filho et al., (2013) também observaram, estudando a biometria do girassol em função da salinidade da água de irrigação (0,15 à 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e da adubação nitrogenada, efeito significativo da interação apenas para a área foliar.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca das folhas (FSF) das plantas de girassol, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio, aos 70 dias após o semeadura.

Fonte de Variação/Contrastes	GL	Quadrado médio				
		AP	DC	AF <sup>1</sup>	FSC <sup>1</sup>	FSF <sup>1</sup>
Blocos	2	337,6233 <sup>ns</sup>	11,7938 <sup>ns</sup>	618221,4414 <sup>ns</sup>	118,4265 <sup>ns</sup>	124,3200 <sup>ns</sup>
Salinidade (S)	4	4245,0416 <sup>**</sup>	239,4754 <sup>**</sup>	39930783,9622 <sup>**</sup>	2185,2884 <sup>**</sup>	2148,8533 <sup>**</sup>
$\hat{y}_1$	1	16875,00 <sup>**</sup>	941,48 <sup>**</sup>	159437185,35 <sup>**</sup>	8713,4741 <sup>**</sup>	8554,6800 <sup>**</sup>
$\hat{y}_2$	1	12,67 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	196546,79 <sup>ns</sup>	0,0140 <sup>ns</sup>	3,3333 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_3$	1	88,40 <sup>ns</sup>	12,33 <sup>ns</sup>	116488,73 <sup>ns</sup>	12,9889 <sup>ns</sup>	34,1333 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_4$	1	49,08 <sup>ns</sup>	7,25 <sup>ns</sup>	1751,48 <sup>ns</sup>	7,6055 <sup>ns</sup>	21,3555 <sup>ns</sup>
Doses de N (DN)	4	464,2416 <sup>*</sup>	9,7411 <sup>ns</sup>	2217046,0525 <sup>*</sup>	109,9224 <sup>ns</sup>	128,8533 <sup>*</sup>
Interação (S x DN)	16	187,2312 <sup>ns</sup>	7,8869 <sup>ns</sup>	1232651,7324 <sup>*</sup>	72,8725 <sup>ns</sup>	88,2283 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	165,5643	5,3355	327594,1013	51,8155	52,5700
CV.		18,09	17,88	20,69	23,22	22,86

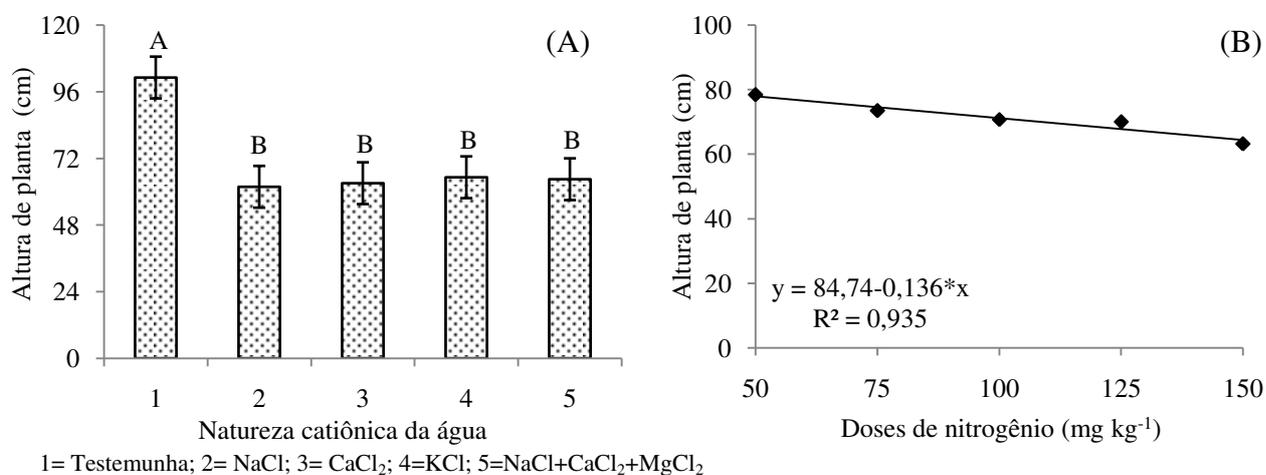
$\hat{y}_1$  ( $S_1$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ;  $S_5$ );  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  vs  $S_3$ );  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  vs  $S_4$ );  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ); GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) Não significativo; Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05); (1) dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Por meio dos dados de altura de plantas (Figura 4A) verifica-se, efeito significativo da irrigação com água de composição iônica distinta e, através do teste de comparação de

médias, constata-se que o uso de água de baixo nível salino ( $S_1$ ), na irrigação das plantas de girassol, resultou em valores estatisticamente superiores de AP (101,13 cm) em relação aos demais tipos de sais ( $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ ), 61,76; 63,06; 65,2 e 64,5 cm, respectivamente.

Ao verificar os contrastes de média para altura de plantas (Tabela 2) observa-se efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  ( $S_1$  versus  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ;  $S_5$ ) e a partir da estimativa de média (Tabela 3) que as plantas do tratamento em que se aplicou água de baixa salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), apresentaram um incremento na AP de 37,50 cm, em relação à média obtida nas que se encontravam sob CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  ( $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ ) aos 70 DAS. Esses resultados estão em concordância com Nobre et al., (2010) que constataram que o aumento da salinidade da água de irrigação com composição de NaCl e CEa variando entre  $0,5$  e  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ , reduziu a altura de plantas de girassol cv. Embrapa 122/V-2000, aos 26 e 50 DAS.

Em relação aos contrastes de média  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  versus  $S_3$ ),  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  versus  $S_4$ ) e  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  versus  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ) verifica-se que não houve efeito significativo; deste modo, os resultados sugerem que o sódio, o cálcio, o potássio e o magnésio, atuaram de forma semelhante sobre o crescimento do girassol.



1= Testemunha; 2= NaCl; 3= CaCl<sub>2</sub>; 4=KCl; 5=NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>

Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n=3$ ).

**Figura 4.** Altura das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (A) e em função de doses de nitrogênio (B) aos 70 DAS.

Quanto à adubação nitrogenada, a altura de plantas se ajustou a um modelo linear decrescente, conforme equação de regressão (Figura 4B) sendo que, para a dose de nitrogênio de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ , o crescimento das plantas, foi em altura, de 78,4 cm, enquanto se obteve, para a dose de nitrogênio de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo um crescimento das plantas em altura de 63,13

cm; este resultado indica um decréscimo na ordem de 19,47%, o que equivale a uma redução de 4,86% por cada aumento de 25 mg kg<sup>-1</sup> na concentração de N. Este resultado diverge dos obtidos por Guedes Filho et al., (2013) estudando o girassol em função da salinidade e doses de nitrogênio (40 a 100 kg ha<sup>-1</sup>) em condições de campo, observaram que a altura máxima de planta atingida foi de aproximadamente 130 cm, com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Tabela 3.** Estimativa de média referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca das folhas (FSF) das plantas de girassol irrigada com água de diferentes tipos de salinidade, aos 70 dias após a semeadura.

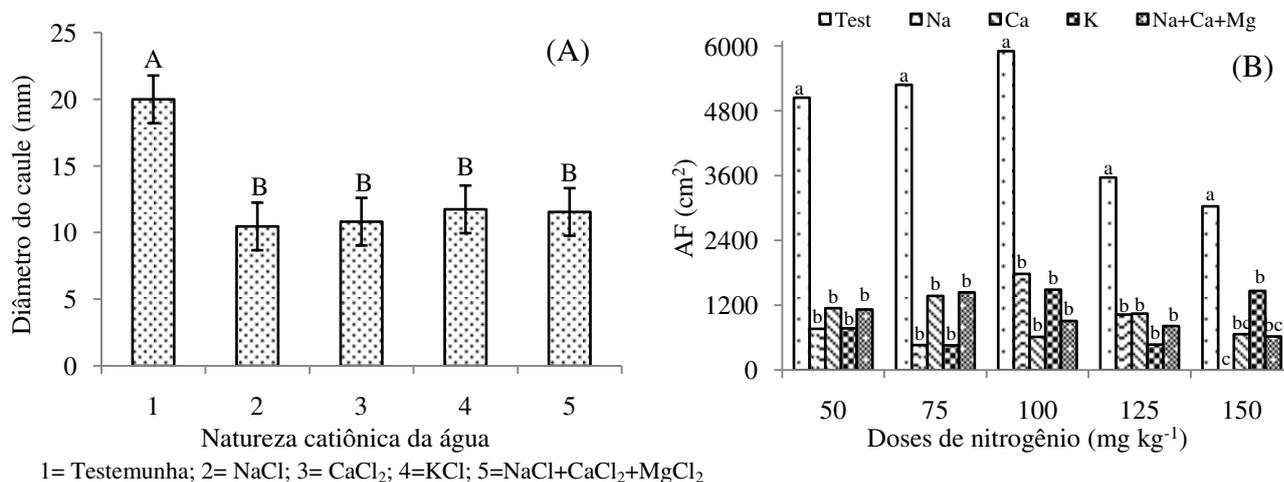
FV	Quadrados Médios				
	AP	DC	AF	FSC	FSF
$\hat{y}_1$	37,50	8,85	3645,05	26,94	26,70
$\hat{y}_2$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_3$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_4$	ns	ns	ns	ns	ns

$\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>; S<sub>5</sub>);  $\hat{y}_2$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>3</sub>);  $\hat{y}_3$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>4</sub>);  $\hat{y}_4$  (S<sub>5</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>); (ns) não significativo

De forma semelhante ao ocorrido com a AP verifica-se, por meio do teste de médias, que o diâmetro caulinar das plantas avaliadas aos 70 DAS (Tabela 2) se diferenciou estatisticamente; para a irrigação com água de composição iônica distinta constata-se, na figura 5A, que o uso de S<sub>1</sub> (Testemunha), na irrigação das plantas do girassol, resultou em valores estatisticamente superiores de DC (20,00 mm) em relação aos demais tipos de sais (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>). Por meio da análise dos contrastes de médias (Tabela 2) verifica-se efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), ao se comparar as plantas submetidas à irrigação com água do tratamento S<sub>1</sub> (Testemunha); em referência às que receberam água de composição iônica distinta (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>) constata-se, superioridade no DC com estimativa de média de 8,85 mm (Tabela 3) das plantas irrigadas com o tratamento S<sub>1</sub>, em relação às plantas que estavam sob os tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>.

Já para os demais contrastes de média  $\hat{y}_2$  (S<sub>2</sub> versus S<sub>3</sub>),  $\hat{y}_3$  (S<sub>2</sub> versus S<sub>4</sub>) e  $\hat{y}_4$  (S<sub>5</sub> versus S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>) não houve efeito significativo para o DC; caracterizando a atuação semelhante desses tipos de sais (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> e Mg<sup>+2</sup>) sobre o crescimento do girassol. A partir desses resultados obtidos para DC, verifica-se que o efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas de girassol está relacionado mais à CEa de irrigação de modo que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade S<sub>1</sub> (0,5 dS m<sup>-1</sup>), foram superiores em relação às plantas que receberam água de salinidade mais elevada S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> (5,0 dS m<sup>-1</sup>). Guedes Filho et al., (2013) observaram, ao avaliar a influência da irrigação com água de condutividade elétrica

variando entre 0,15 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> e da adubação nitrogenada sobre o crescimento do girassol cv. Embrapa 122/V-2000, em condições de campo, que houve redução no diâmetro de caule de 0,96 e 0,82 mm por aumento unitário da condutividade elétrica das águas de irrigação, aos 60 e 75 DAE. Tendências decrescentes para diâmetro do caule em plantas de girassol foram registradas também por Travassos et al., (2009) após irrigarem plantas de girassol (cv. Embrapa 122/V-2000) com águas salinas de 1,0 a 5,0 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com Ayers e Westcot (1999) o aumento da pressão osmótica do solo ocasionado pelos íons atua de forma negativa sobre os processos fisiológicos reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular advindo, como consequência, a redução no crescimento e no desenvolvimento das plantas.



**Figura 5.** Diâmetro do caule das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (A) e área foliar das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água e de doses de nitrogênio (B) aos 70 DAS.

Observa-se (Figura 5B) mediante a aplicação do teste de comparação de médias para a AF aos 70 DAS, que as plantas de girassol cultivadas sob irrigação com água S<sub>1</sub> (testemunha) cresceram mais em área foliar (média de 4.568,32 cm<sup>2</sup>) diferindo estatisticamente das plantas irrigadas com águas de distintas natureza catiônica, tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>:Ca<sup>+</sup>:Mg<sup>+</sup>, respectivamente) em todas as doses de nitrogênio aplicadas.

Na Tabela 2 constam os dados da análise de variância dos contrastes para a variável área foliar do girassol conferindo a influência significativa para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), aos 70 DAS. Analisando a estimativa de média disposta na Tabela 3, identifica-se

aumento mais expressivo na área foliar nas plantas cultivadas no nível de salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) superando a média em  $3.645,05 \text{ cm}^2$ , aos 70 DAS, em relação àquelas que foram irrigadas com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Nobre et al., (2011) observaram, avaliando o girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada, que o aumento da salinidade da água de irrigação promoveu resposta linear decrescente da área foliar ocorrendo decréscimo na ordem de 11,9% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 52,5% ( $1.448,92 \text{ cm}^2$ ) na AF das plantas irrigadas com água de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação à testemunha ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). Esta redução da área foliar das plantas cultivadas sob salinidade está relacionada a um mecanismo adaptativo importante visto que a redução da superfície transpirante evita uma perda maior de água, pela transpiração (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Conforme a figura 5B, as plantas adubadas com nitrogênio na dose de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo que estavam submetidas à água de composição potássio ( $S_4$ ) se diferenciaram estatisticamente em relação às que estavam submetidas à água de composição sódica ( $S_2$ ), porém não diferiram dos tratamentos que receberam águas compostas por  $\text{Ca}^+$  ( $S_3$ ) e  $\text{Na}^+:\text{Ca}^+:\text{Mg}^+$  ( $S_5$ ). No entanto, as plantas irrigadas com água constituída de potássio apresentaram, entre os demais tipos de sais ( $S_2$ ;  $S_3$  e  $S_5$ ) o maior crescimento, em termos de expansão foliar ( $1.466,84 \text{ cm}^2$ ). Ao comparar os dados obtidos nas plantas irrigadas com os distintos tipos de salinidade ( $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ ), nota-se que houve redução de 100; 78,06; 51,65 e 79,45%, respectivamente, na área foliar, em relação à testemunha. O menor declínio da área foliar obtido pelas plantas irrigadas com água de composição potássio ( $S_4$ ) em relação aos demais tipos de água, pode ter relações com a atuação do íon no metabolismo das plantas pois o K participa da manutenção do equilíbrio iônico e da turgidez das células controlando a abertura e o fechamento dos estômatos (GURGEL et al., 2010).

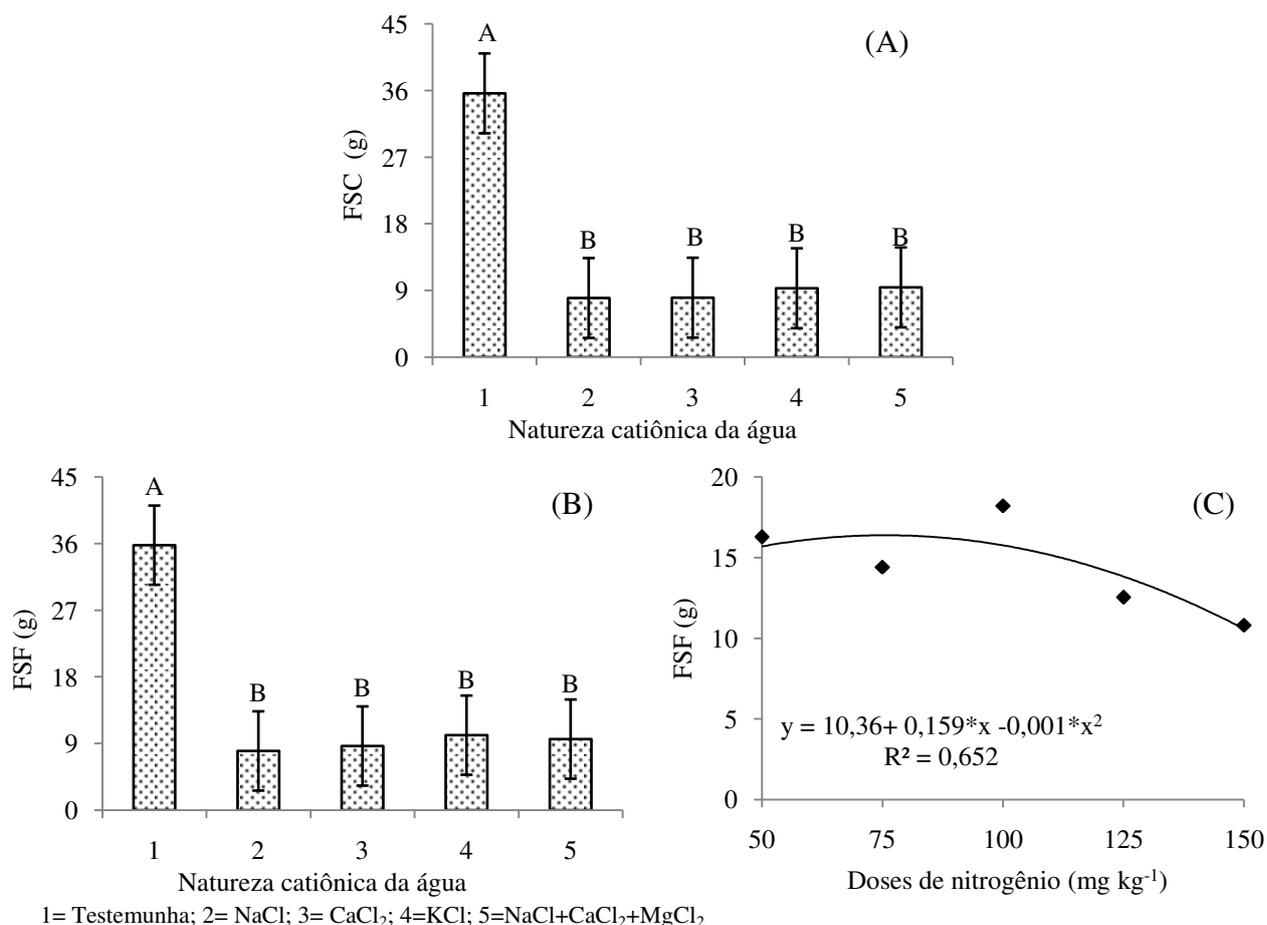
É possível notar, na figura 5B, o maior crescimento em termos de expansão foliar ( $5.908,56 \text{ cm}^2$ ), na dose de nitrogênio de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ , para as plantas cultivadas sob irrigação com água  $S_1$  (Testemunha); para a água desta mesma composição se obteve seu menor crescimento em AF ( $3.034,18 \text{ cm}^2$ ) na dose de nitrogênio de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ . Verifica-se que, de modo geral, os menores valores para AF foram encontrados nas plantas irrigadas com água de composição iônica de sódio (média de  $808,0 \text{ cm}^2$ ); tal redução, está ligada à morte das plantas que receberam a dose de nitrogênio de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , as quais foram as mais afetadas pelos sais. Lima (2014) também constatou, estudando a salinidade e a natureza catiônica da água de irrigação na morfofisiologia e produção da mamoneira, uma redução mais expressiva de AF das plantas irrigadas com água salina de composição iônica sódica. De acordo com Esteves &

Suzuki (2008) esta redução pode ter sido reflexo da alta concentração de sódio em seus tecidos visto que este elemento afeta vários processos fisiológicos e bioquímicos passível de levar a planta ao estado de estresse hídrico com perda de água para o meio externo e a sofrer com a toxidez, fato que resultará em sérios prejuízos para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

A fitomassa seca do caule FSC (Figura 6A) se diferenciou estatisticamente através do teste de comparação de médias, ao se irrigar as plantas com água S<sub>1</sub> (Testemunha) a produção de FSC (35,64 g) foi significativamente superior à obtida nas plantas irrigadas com água dos tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, ocorrendo declínio na produção de fitomassa seca do caule, de 77,56; 77,44; 73,87 e 73,52%, respectivamente.

Na Tabela 2 se encontra o resumo da análise de variância para os contrastes de médias referentes, a fitomassa seca do caule, observando-se efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), aos 70 DAS; a partir da estimativa de média (Tabela 3) nota-se que as plantas submetidas ao tratamento S<sub>1</sub> (Testemunha CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>), apresentaram incremento de 26,94 g, em comparação com as plantas cultivadas sob irrigação com águas de diferentes tipos de sais S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> e Mg<sup>+2</sup>) e CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. Marengo Centeno et al., (2014) observaram, trabalhando com girassol sob salinidade da água com CEa de 0,7 à 4,7 dS m<sup>-1</sup> e adubação nitrogenada, um decréscimo de 68,26% na produção de fitomassa seca da parte aérea das plantas irrigadas com água de nível salino mais elevado, em relação às irrigadas com água de menor nível de salinidade.

Comparando os dados de produção de fitomassa seca do caule (figura 6A) observa-se redução mais expressiva (77,56%) na FSC das plantas irrigadas com água constituída de sódio (S<sub>2</sub>), em relação ao tratamento S<sub>1</sub> (testemunha). De acordo com Asch et al., (2000) a presença elevada de íons de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> na água de irrigação ou no solo, pode causar disrupção na homeostase do potencial de água e desbalanço iônico na interfase solo planta e promover toxidez no vegetal, alterando seu crescimento e a produção de matéria seca, além de promover redução na absorção de nutrientes.



1= Testemunha; 2= NaCl; 3= CaCl<sub>2</sub>; 4=KCl; 5=NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>  
 Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05. Barras representam o erro padrão da média (n=3).

**Figura 6.** Fitomassa seca do caule FSC (A) e fitomassa seca das folhas FSF das plantas de girassol em função da natureza catiônica da água (B) e em função de doses de nitrogênio (C).

Conforme o teste de comparações de média (Figura 6B) a produção de fitomassa seca das folhas FSF (35,8 g) das plantas irrigadas com água S<sub>1</sub> (testemunha) foi estatisticamente superior à das plantas que estavam sob irrigação com água de natureza catiônica distinta (S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), 8; 8,66; 10,13 e 9,6 g, respectivamente.

De modo semelhante ao da FSC observa-se, através da análise dos contrastes para a variável FSF (Tabela 2) o efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), aos 70 DAS. Observando a Tabela 3 constata-se a superioridade na produção de FSF das plantas irrigadas com água S<sub>1</sub> (Testemunha CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>) com média de 26,70 g, em relação às plantas que estavam sendo irrigadas com água de natureza catiônica distinta (S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>) sob CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. Este comportamento da fitomassa seca das folhas pode ser entendido como um provável mecanismo de ajustamento da planta para diminuir os efeitos da salinidade

haja vista que as plantas podem sofrer modificações morfológicas ou fisiológicas como redução na biomassa, quando submetidas ao estresse salino (TAIZ & ZEIGER, 2006). Ao analisar os dados da natureza catiônica da água (Figura 6B) é possível observar que, levando em consideração os valores absolutos da FSF, o tratamento com maior produção de fitomassa seca das folhas foi a água constituída de potássio na sua composição (S<sub>4</sub>); já o que obteve menor produção de fitomassa seca das folhas foi o que possuía o sódio na sua constituição (S<sub>2</sub>), o que pode indicar que o excesso de sódio na composição da água aplicada prejudica a alocação de fitomassa foliar do girassol.

Quanto ao efeito das doses de nitrogênio sobre a produção de FSF (Figura 6C) verifica-se, conforme a equação de regressão, que os dados se ajustaram ao modelo quadrático; ao aumentar a dose de nitrogênio de 50 para 75 mg kg<sup>-1</sup> resultou num aumento na produção de FSF, em que o incremento máximo (16,68 g) foi estimado na dose de 79,5 mg kg<sup>-1</sup>; a partir do ponto de máxima existe uma tendência à redução na produção de fitomassa seca das folhas sempre que as doses de nitrogênio aumentam demonstrando efeitos negativos do nitrogênio podendo estar associado ao aumento da quantidade de sais na solução do solo.

#### **4.2. Trocas gasosas**

De acordo com o resumo da análise de variância apresentado na Tabela 4, verifica-se influência significativa do fator salinidade (S) para as variáveis: condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Para o fator doses de nitrogênio (DN) e para a interação (S x DN) não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis estudadas indicando que as plantas tiveram comportamento semelhante quando foram submetidas às diferentes doses de nitrogênio.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EUA*) aos 56 dias após a emergência, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.

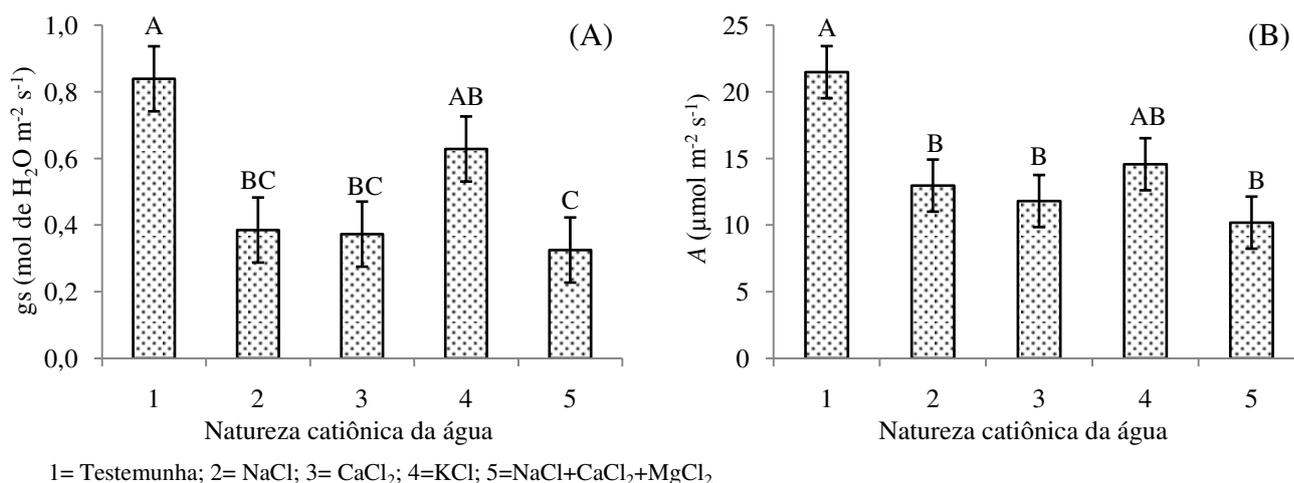
Fonte de Variação/Contrastes	GL	Quadrado médio				
		<i>gs</i> <sup>1</sup>	<i>Ci</i> <sup>1</sup>	<i>E</i> <sup>1</sup>	<i>A</i> <sup>1</sup>	<i>EUA</i> <sup>1</sup>
Blocos	2	0,1398 <sup>ns</sup>	34228,9881 <sup>*</sup>	105,5749 <sup>ns</sup>	800,6651 <sup>**</sup>	11,2901 <sup>*</sup>
Salinidade (S)	4	0,7160 <sup>**</sup>	14544,6018 <sup>ns</sup>	31,9594 <sup>ns</sup>	286,8949 <sup>*</sup>	2,0092 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_1$	1	2,0295 <sup>**</sup>	37862,6242 <sup>ns</sup>	24,8601 <sup>ns</sup>	993,3196 <sup>*</sup>	3,4397 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_2$	1	0,0011 <sup>ns</sup>	16661,6333 <sup>ns</sup>	0,2707 <sup>ns</sup>	10,0688 <sup>ns</sup>	0,1370 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_3$	1	0,4440 <sup>ns</sup>	187,5000 <sup>ns</sup>	3,8664 <sup>ns</sup>	19,2800 <sup>ns</sup>	0,0456 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_4$	1	0,8046 <sup>ns</sup>	3618,0500 <sup>ns</sup>	0,7119 <sup>ns</sup>	95,7031 <sup>ns</sup>	0,5401 <sup>ns</sup>
Doses de N (DN)	4	0,1270 <sup>ns</sup>	8025,1895 <sup>ns</sup>	51,5535 <sup>ns</sup>	113,8312 <sup>ns</sup>	2,5606 <sup>ns</sup>
Interação (S x DN)	16	0,0883 <sup>ns</sup>	6792,0260 <sup>ns</sup>	48,6879 <sup>ns</sup>	36,7252 <sup>ns</sup>	1,9059 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,0851	6484,6236	39,9069	46,5103	1,2581
CV.		28,58	18,42	27,34	28,88	29,93

$\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>; S<sub>5</sub>);  $\hat{y}_2$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>3</sub>);  $\hat{y}_3$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>4</sub>);  $\hat{y}_4$  (S<sub>5</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>); GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) Não significativo; Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05); (1) dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Para os dados de *gs* aos 56 DAS observa-se, por meio do teste de comparação de médias (Figura 7A) diferença significativa entre os tratamentos; as plantas irrigadas com água S<sub>1</sub> (Testemunha CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>) foram estatisticamente superiores às dos demais tratamentos irrigados com água de natureza catiônica Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup> (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub> respectivamente) com exceção para as plantas irrigadas com água contendo K<sup>+</sup> (S<sub>4</sub>) em sua constituição porém, ao comparar as médias obtidas nos diferentes tratamentos, nota-se que as plantas submetidas à irrigação com água, referentes ao S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup> respectivamente) não diferiram estatisticamente entre si. O menor valor para *gs* foi encontrado ao se irrigar com água constituída de Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup> (S<sub>5</sub>); no entanto, não difere estatisticamente dos tratamentos S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub> (Na<sup>+</sup> e Ca<sup>+2</sup> respectivamente). O resultado desta pesquisa corrobora com os resultados encontrados por Lima (2014) que, ao estudar a salinidade e a natureza catiônica da água de irrigação (Na<sup>+</sup>; Ca<sup>+2</sup>; Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) na morfofisiologia e produção da mamoneira verificou que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade e plantas irrigadas com água contendo K<sup>+</sup> em sua constituição, tiveram maior condutância estomática.

Observa-se, na Tabela 4, o resumo da análise de variância para os contrastes de médias referente à condutância estomática e que houve efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>) aos 56 DAS. Na Tabela 5 e ao analisar a estimativa de média, nota-se que as plantas de girassol submetidas ao tratamento S<sub>1</sub> com menor nível de salinidade da água (0,5

dS m<sup>-1</sup>) apresentaram incremento na *gs* de 0,41 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, em comparação aos tratamentos irrigados com água de natureza catiônica distinta (S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>) com CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com Lima (2014) o efeito mais negativo sobre a *gs* das plantas dos tratamentos (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>), resulta da natureza catiônica da água de irrigação em razão do excesso de sais que se encontram na solução do solo ocasionar alteração no potencial osmótico-hídrico, afetando diretamente a absorção de águas pelas plantas.



1= Testemunha; 2= NaCl; 3= CaCl<sub>2</sub>; 4=KCl; 5=NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>  
Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05. Barras representam o erro padrão da média (n=3).

**Figura 7.** Condutância estomática (*gs*) (A) e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) (B) em função da natureza catiônica da água aos 56 DAS.

Ao analisar o teste de comparação de médias (Figura 7B) verifica-se que a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) foi influenciada de forma significativa pelos tratamentos com água de composição iônica distinta; aos 56 DAS, as plantas irrigadas com água S<sub>1</sub> (Testemunha), obtiveram maior taxa de fotossíntese, quando comparadas às demais plantas irrigadas com água de natureza catiônica Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup> (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub> respectivamente); já em comparação aos tratamentos irrigados com água contendo K<sup>+</sup> (S<sub>4</sub>) em sua constituição, não houve diferença significativa entre si; entretanto, ao comparar a *A* das plantas irrigadas com água contendo K<sup>+</sup> (S<sub>4</sub>) com os demais tratamentos irrigados com água de natureza catiônica Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup> (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub> respectivamente), conclui-se que não houve diferença significativa entre si apontando, desta forma para uma possível atuação de forma semelhante à desses sais (Na<sup>+</sup>; Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) sobre a fotossíntese das plantas de girassol.

Percebe-se ainda (Figura 7B) que as plantas de girassol estudadas aos 56 DAS sob irrigação com água dos tratamentos S<sub>1</sub> e S<sub>4</sub> se destacaram com as maiores taxas de

assimilação de CO<sub>2</sub> (21,48 e 14,57 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente); em relação aos demais tratamentos (S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub>), as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> seguiram a mesma tendência da condutância estomática observada na Figura 7A. Embora as plantas tenham sido submetidas ao estresse ocasionado pelos sais presentes na água de irrigação, e de acordo com Taiz & Zeiger (2013) os valores de *A* são satisfatórios tendo em vista que o girassol é uma planta C<sub>3</sub> e as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> destas plantas variam entre 10 e 20 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

**Tabela 5.** Estimativa de média referente à condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EUA*) aos 56 dias após a emergência, cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.

FV	Estimativa de média				
	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>EUA</i>
$\hat{y}_1$	0,41	ns	ns	9,09	ns
$\hat{y}_2$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_3$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_4$	ns	ns	ns	ns	ns

$\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>; S<sub>5</sub>);  $\hat{y}_2$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>3</sub>);  $\hat{y}_3$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>4</sub>);  $\hat{y}_4$  (S<sub>5</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>); (ns) não significativo

Na Tabela 4 se encontram os contrastes de médias para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) aos 56 DAS; observa-se efeito significativo apenas para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>) através da estimativa de média apresentado na Tabela 5; nota-se que as plantas submetidas ao tratamento S<sub>1</sub> (Testemunha CEa de 0,5 dS m<sup>-1</sup>), aumentaram a taxa de *A* em 9,09 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> em relação às plantas cultivadas sob irrigação com águas de composição iônica distinta S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> (Na<sup>+</sup>; Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) e CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>. A elevada concentração salina da água de irrigação ocasiona redução no potencial de água do solo e, como consequência, ocorre o fechamento dos estômatos refletindo, assim, em baixa taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (GURGEL et al., 2003).

### 4.3. Componentes de produção

Analisando a Tabela 6, na qual estão os resultados da análise de variância para o diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA) das plantas de girassol, constata-se haver efeito significativo dos diferentes tipos de salinidade (S) da água sobre todas as variáveis estudadas. Para o fator doses de nitrogênio

(DN) não houve influência significativa para nenhuma das variáveis estudadas; já para a interação (S x DN), ocorreu significância apenas para a fitomassa seca do capítulo (FSC).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA) das plantas de girassol cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.

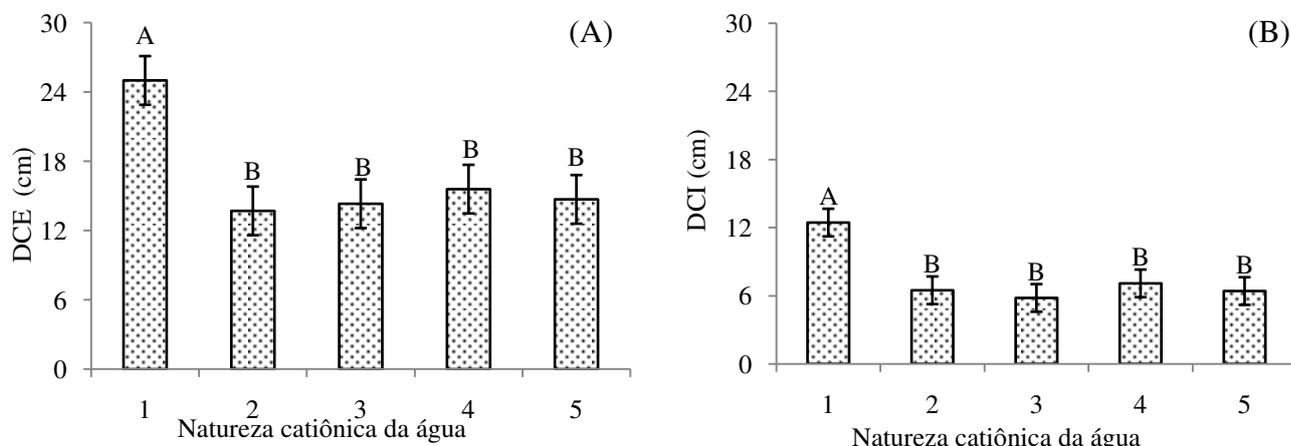
Fonte de Variação/Contrastes	GL	Quadrado médio				
		DCE	DCI	FCA <sup>1</sup>	FSCa <sup>1</sup>	FA <sup>1</sup>
Blocos	2	8,9314 <sup>ns</sup>	0,4139 <sup>ns</sup>	131,3436 <sup>ns</sup>	4,7315 <sup>ns</sup>	116,3250 <sup>ns</sup>
Salinidade (S)	4	333,0345 <sup>**</sup>	111,0963 <sup>**</sup>	16829,0241 <sup>**</sup>	2329,8434 <sup>**</sup>	6636,6250 <sup>**</sup>
$\hat{y}_1$	1	1304,1675 <sup>**</sup>	432,0000 <sup>**</sup>	67199,7346 <sup>**</sup>	9291,8248 <sup>**</sup>	26515,2384 <sup>**</sup>
$\hat{y}_2$	1	2,8520 <sup>ns</sup>	3,4171 <sup>ns</sup>	7,6507 <sup>ns</sup>	1,0982 <sup>ns</sup>	2,9516 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_3$	1	26,6020 <sup>ns</sup>	2,7755 <sup>ns</sup>	107,1819 <sup>ns</sup>	24,7611 <sup>ns</sup>	28,9100 <sup>ns</sup>
$\hat{y}_4$	1	20,3347 <sup>ns</sup>	8,2347 <sup>ns</sup>	87,7246 <sup>ns</sup>	23,0087 <sup>ns</sup>	20,8794 <sup>ns</sup>
Doses de N (DN)	4	7,4632 <sup>ns</sup>	1,2385 <sup>ns</sup>	252,7004 <sup>ns</sup>	51,2775 <sup>ns</sup>	99,8679 <sup>ns</sup>
Interação (S x DN)	16	10,5879 <sup>ns</sup>	2,5822 <sup>ns</sup>	107,1088 <sup>ns</sup>	45,4336 <sup>*</sup>	37,5399 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	11,2576	1,6834	165,1254	21,7788	104,2730
CV.		20,12	16,94	25,54	21,09	44,76

$\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>; S<sub>5</sub>);  $\hat{y}_2$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>3</sub>);  $\hat{y}_3$  (S<sub>2</sub> vs S<sub>4</sub>);  $\hat{y}_4$  (S<sub>5</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub>); GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) Não significativo; Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05); (1) dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Para o diâmetro do capítulo externo – DCE (Figura 8A) as plantas de girassol que receberam irrigação com água S<sub>1</sub> (testemunha) se diferenciaram estatisticamente, sendo significativamente superior ao obtido nas plantas irrigadas com águas de distinta natureza catiônica, tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, ocorrendo redução na ordem de: 45,16; 42,70; 37,64 e 41,17%, respectivamente.

Na Tabela 6 está o resumo da análise de variância para os contrastes de médias referentes ao diâmetro do capítulo externo; observa-se efeito significativo apenas para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>); a partir da estimativa de média (Tabela 7) nota-se que as plantas submetidas ao tratamento S<sub>1</sub>, água de menor nível de salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>), apresentaram incremento de 10,42 cm, em comparação com as plantas cultivadas sob os tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, (CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>).

Constata-se, na Figura 8B, que o diâmetro do capítulo interno – DCI se diferenciou estatisticamente e de forma semelhante, ao DCE; observa-se, através do teste de comparação de médias, que as plantas irrigadas com água S<sub>1</sub> (Testemunha), o DCI foi significativamente superior ao obtido pelas plantas irrigadas com águas de natureza catiônica distintas S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, com declínios no diâmetro do capítulo de 47,89; 53,31; 43,01 e 48,42%, respectivamente.



1= Testemunha; 2= NaCl; 3= CaCl<sub>2</sub>; 4=KCl; 5=NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>

Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n=3$ ).

**Figura 8.** Diâmetro do capítulo externo – DCE (A) e diâmetro do capítulo interno – DCI (B) de girassol, em função da natureza catiônica da água.

De modo semelhante à do DCE observa-se, através da análise dos contrastes para a variável DCI (Tabela 6), o efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  ( $S_1$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ ), constatando-se, por meio da estimativa de média (Tabela 7) a superioridade do DCI das plantas irrigadas pelo tratamento  $S_1$ , água de baixa salinidade ( $CEa$   $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), com média de  $6,0 \text{ cm}$  superior em relação às plantas que receberam águas de distintas natureza catiônica  $\text{Na}^+$ ;  $\text{Ca}^{+2}$ ;  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  ( $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ , respectivamente) sob  $CEa$  de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Para o DCI, nos demais contrastes de média  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  versus  $S_3$ ),  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  versus  $S_4$ ) e  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  versus  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ), não houve efeito significativo.

**Tabela 7.** Estimativa de média referente ao diâmetro do capítulo externo (DCE), diâmetro do capítulo interno (DCI), fitomassa do capítulo com aquênios (FCA), fitomassa seca do capítulo (FSCa) e fitomassa de aquênios (FA) das plantas de girassol cultivadas sob diferentes tipos de salinidade e doses de nitrogênio.

FV	Estimativa de média				
	DCE	DCI	FCA	FSCa	FA
$\hat{y}_1$	10,42	6,00	74,83	27,82	47,00
$\hat{y}_2$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_3$	ns	ns	ns	ns	ns
$\hat{y}_4$	ns	ns	ns	ns	ns

$\hat{y}_1$  ( $S_1$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ;  $S_5$ );  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  vs  $S_3$ );  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  vs  $S_4$ );  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ); (ns) não significativo

Para fitomassa seca do capítulo – FSCa (Figura 9A) e ao analisar a interação entre a natureza catiônica da água e doses de nitrogênio, observa-se que os maiores valores de FSCa foram obtidos nas plantas irrigadas pelo tratamento S<sub>1</sub> (Testemunha) em todas as doses de nitrogênio, diferindo significativamente quando comparada às demais plantas irrigadas com água de natureza catiônica Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>(S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, respectivamente).

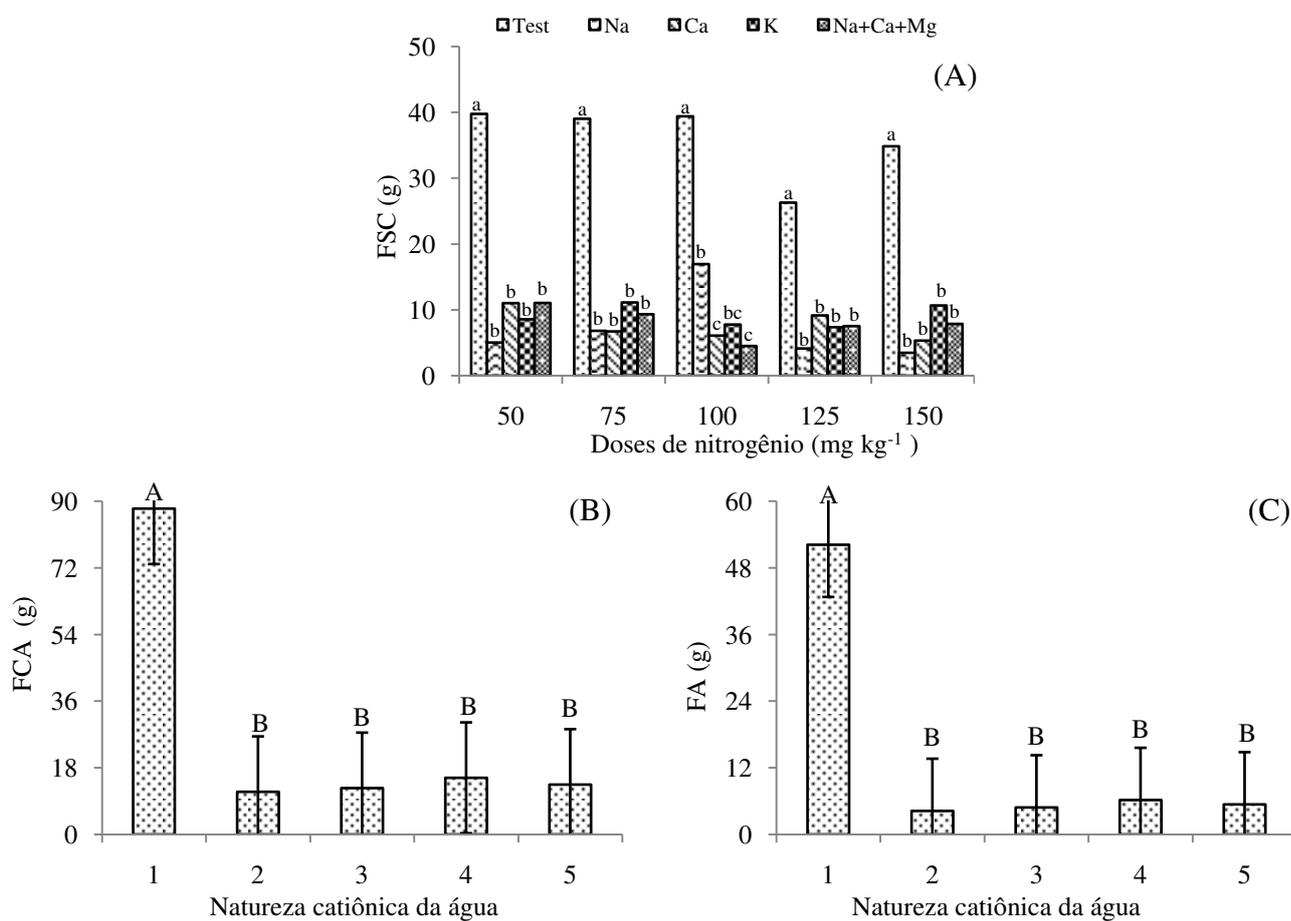
Observando o resumo da análise de variância para os contrastes de médias para FSCa contido na Tabela 6, verifica-se efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>). Ao analisar a Tabela 7, referente à estimativa de média para a FSCa, verifica-se um incremento maior (27,82 g) na fitomassa seca do capítulo nas plantas submetidas ao tratamento S<sub>1</sub>, menor nível de salinidade da água (0,5 dS m<sup>-1</sup>) em comparação com as que estavam sob irrigação pelos tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, com água de CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>.

Verifica-se ainda, na Figura 9A, o efeito significativo entre as águas de natureza catiônica distintas, nos tratamentos que receberam 100 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo, cujas as plantas irrigadas com águas contendo Na<sup>+</sup> (S<sub>2</sub>) na sua constituição, diferiram estatisticamente das plantas que receberam águas contendo Ca<sup>+2</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup> (S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub>, respectivamente); já para o tratamento S<sub>4</sub>, que contia K<sup>+</sup> na sua constituição, não diferiu entre si.

Ao analisar a Figura 9B observa-se que a fitomassa do capítulo com aquênios – FCA das plantas diferiu significativamente em função do uso de água com diferentes tipos de natureza catiônica, sendo o maior valor obtido 88,03 g, quando se utilizou, na irrigação, água do tratamento S<sub>1</sub> (Testemunha). Entretanto, as plantas irrigadas com água dos tratamentos S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> obtiveram FCA de 11,51; 12,52; 15,29 e 13,46 g, respectivamente, ou seja, redução de 86,92; 85,77; 82,62 e 84,70% quando comparadas com a testemunha (S<sub>1</sub>).

Verifica-se, no resumo da análise de variância e para os contrastes de médias (Tabela 6) referentes à FCA, que houve efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  (S<sub>1</sub> vs S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>). Ao analisar a estimativa de média referente à FCA (Tabela 7) nota-se que as plantas de girassol submetidas ao tratamento S<sub>1</sub>, irrigadas com água de menor nível de salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>), foram superiores em comparação com as que estavam sob irrigação com águas de diferentes tipos de natureza catiônica, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>(S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>, respectivamente), e CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>, apresentando incremento médio de 74,83 g na FCA. De acordo com Lima (2014) o efeito ocasionado pelo estresse salino da água de irrigação está mais associado à CEa de irrigação do que com a utilização de água de diferente natureza catiônica. Marengo Centero et al., (2014) observaram, estudando o efeito da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na produção do girassol cv. Embrapa 122-V2000 e

ao verificar a influência da irrigação com água salina com CEa de 0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>, a maior fitomassa do capítulo, que foi 130,24 g nas plantas que receberam CEa de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, sendo a menor de 51,28 g nas plantas que foram submetidas a 4,7 dS m<sup>-1</sup>, indicando uma redução de 60,63%.



1= Testemunha; 2= NaCl; 3= CaCl<sub>2</sub>; 4=KCl; 5=NaCl+CaCl<sub>2</sub>+MgCl<sub>2</sub>

Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05. Barras representam o erro padrão da média (n=3).

**Figura 9.** Fitomassa seca do capítulo – FSCa (A) em função da natureza catiônica da água e de doses de nitrogênio, fitomassa do capítulo com aquênios – FCA (B) e fitomassa de aquênios – FA (C) de girassol, em função da natureza catiônica da água.

Conforme o teste de comparações de média (Figura 9C) a fitomassa de aquênios – FA das plantas irrigadas pelo tratamento S<sub>1</sub> (testemunha) foi estatisticamente superior, apresentando 52,17 g de FA, em relação à das plantas sob irrigação com águas de natureza catiônica distintas, S<sub>2</sub>; S<sub>3</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>+Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) obtendo-se valores de 4,23; 4,85; 6,19 e 5,40 g, respectivamente, caracterizando uma redução de 91,89; 90,68; 88,12 e 89,63% ao compará-los com o tratamento testemunha (S<sub>1</sub>).

Na Tabela 6 está o resumo da análise de variância para os contrastes de médias referentes à FA; observa-se efeito significativo para o contraste  $\hat{y}_1$  ( $S_1$  vs  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$ ). A partir da estimativa de média (Tabela 7) nota-se que as plantas submetidas ao tratamento  $S_1$  ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram incremento médio de 47,00 g, em comparação com as plantas cultivadas sob irrigação pelos tratamentos  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$  e  $S_5$  ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ;  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ), com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Nos demais contrastes de média  $\hat{y}_2$  ( $S_2$  versus  $S_3$ ),  $\hat{y}_3$  ( $S_2$  versus  $S_4$ ) e  $\hat{y}_4$  ( $S_5$  versus  $S_2$ ;  $S_3$ ;  $S_4$ ), não houve efeito significativo. Deste modo se verifica, para a FA, comportamento semelhante ao se analisar a natureza catiônica da água, indicando que a redução da produção de aquênios está mais relacionada ao estresse ocasionado pela CEa de irrigação. Nobre et al., (2010) verificaram, ao trabalhar as variáveis de produção do girassol, que a partir da CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  ocorre decréscimo na produção de aquênios, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo. De acordo com Centero et al., (2014) esta redução pode estar intimamente ligada aos efeitos da salinização sobre as plantas, o que implica em perda de produtividade e de qualidade, ou perda total da produção, favorecidos pela concentração de sais solúveis ou salinidade, fatores limitantes ao desenvolvimento da maioria das culturas.

## 5. CONCLUSÕES

1. O crescimento das plantas de girassol foi mais afetado pela salinidade quando comparado com a natureza catiônica da água de irrigação sendo, no menor nível salino, o que apresentou os maiores valores de altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, fitomassa seca do caule e das folhas, aos 70 DAS;
2. A dose de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo proporcionou maior crescimento em altura de plantas; já para a área foliar e para o acúmulo de fitomassa seca de folhas a dose de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de N proporcionou melhores resultados, quando comparada com os demais tratamentos de doses de N;
3. A natureza catiônica da água de irrigação ocasiona efeitos negativos nas trocas gasosas, principalmente na condutância estomática e na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , aos 56 DAS;
4. Dentre os cátions avaliados o potássio é o que proporciona os maiores valores para condutância estomática e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , aos 56 DAS;
5. A salinidade afeta, de forma negativa, os componentes de produção do girassol, independente da natureza catiônica da água.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. C. de F. E; MORO, F. V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M. C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n.1, p.1-8, 2001.
- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.491-498, 2011.
- ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; PRUIT, W. O. **Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements**. In: International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, 2, 1996. Chania, Proceedings... Leuven: ISHS, v.1, p.17-33, 1996.
- ASHRAF M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**. v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DORFFING, K. Salinity increases CO<sub>2</sub> assimilation but reduces growth in field grown irrigated rice. **Plant Soil**, v. 218, n. 1-10, 2000.
- AUDRY, P., SUASSUNA, J. **A Salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: Caracterização, variação sazonal e limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995. 128p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water Quality for agriculture**. 3rd. ed. Rome: FAO, 1994. 174p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F; DAMASCENO, F. A. V. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 2, p. 165-171, 2000.
- BABAIY, J.; ABDI, M.; SAIFZADEH, S.; KHIAMI, M. The effect of nitrogen fertilizer and bush density on seed yield and yield components of Azargol sunflower cultivar in Takestan region. **Journal of New Agricultural Science**, v.4, p.1-12, 2009.

- BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de cassilândias. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.
- BOSCO, M. R. de O. et al. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 157-164, 2009.
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. CNPSo, p. 163-210, 2005.
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; MELO, H.C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. EMBRAPA, CNPSo, 1996, 38p. (Circular Técnica, 13).
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE,R.M.V.B.deC.; KARAM, D.; MELLO H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. EMBRAPA-CNPSo. 1997. 36p (Circular Técnica, 13).
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Produtos Protéicos do girassol** In: \_ Girassol no Brasil. Editores, Regina Maria Villas Bôas de Campo Leite, Alexandre Magno Brighenti, César de Castro. Embrapa Soja, p. 51-68, 2005.
- CAVALCANTE, L. F; CORDEIRO, J. C; NASCIMENTO, J. A. M; CAVALCANTE, Í. H. L; DIAS, T. J. **Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo**. Semina: Ciências Agrárias, v.31, p.1281-1290, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. acesso em: 03 novembro, 2015.
- CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; ÚNGARO, M. R.; BERNARDI, J. A.; STORINO, M. Desempenho de motor diesel com mistura de biodiesel de óleo de girassol. **Ciências Agrotécnicas**, v. 32, n. 3, p. 923-928, 2008.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPSo, 1997. 212p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 1).
- CRUZ, M. G. M.; ANDRADE, E. M.; NESS, R. L. L.; MEIRELES, A. C. M. Caracterização das águas superficiais e subterrâneas do projeto Jaguaribe - Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.23, p.187-194, 2003.
- DALLAGNOL, A. VIEIRA, O. V.; LEITE, M. R. V. B. Origem e histórico do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Embrapa Soja, v.1, p.1-12, 2005.
- DECLERCK, S.; DUPRE DE BOULOIS, H.; BIVORT, C.; DELVAUX, B. Extraradical mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus lamellosum* can take up,

- accumulate and translocate radiocaesium under root-organ culture conditions. **Environmental Microbiology**, v. 5, p. 510-516, 2013.
- DIAS, N. D.; 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: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.
- DICKMANN, L.; CARVALHO, M.A.C.; BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P. Comportamento de sementes de girassol (*helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.3, p.64-75, 2005.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Resultado de pesquisa da EMBRAPA Soja 2001: girassol e trigo**. EMBRAPA Soja, 2002. 21p. (Documento n.199).
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivar de girassol BRS 324: variedade com alto teor de óleo e precocidade**. EMBRAPA Soja, 2013. (Folder).
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2. Ed Trad. Editora Planta, p.392, 2006.
- FENSTER, W. E.; OVERDAHL, C. J.; SIMKINS, C. A.; GRAVA, J. Guide to computer programmed soil test-recommendations in Minnesota. **Agric. Ext. Spec. Rep.**, v. 1: p. 1-36, 1976.
- FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, E F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1.039- 1.042, 2011.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeitos da Salinidade Sobre as Plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p.662-679, 2008.
- FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 675-683, 2011.
- FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 929-954. 2007.
- FREITAS, V. S.; ALENCAR, N. L. M.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Changes in physiological and biochemical indicators associated with salt tolerance in

- cotton, sorghum and cowpea. **African Journal Biochemistry Research**, v. 5, n. 8, p. 264-271, 2011.
- FLORES, H. E. **Polyamines and plant stress**. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms. Wiley-liss, p.217-239, 1990.
- FLORES, P.; BOTELLA, M. A.; MARTINEZ, V.; CEDRA, A. Ionic and osmotic effects on nitrate reductase activity in tomato seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v.156, p.552–557, 2000.
- FLORES, P, CARVAJAL, M.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**. v.24, p.1561–1573. 2001.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders. **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p. 307-319, 2004.
- GAZZOLA, A; FERREIRA JR, C. T. G; CUNHA, D. A.; BORTOLINI, E; PAIAO, G. D; PRIMIANO, I. V; PESTANA, J; D'ANDRÉA, M. S. C; OLIVEIRA, M. S. **A Cultura do Girassol**. USP, 2012. Disponível em: <<http://www4.esalq.usp.br>>. 5 acesso em: 03 novembro, 2015.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Documento elaborado pela Escola Superior de Agronomia de Mossoró/RN, 1991. 70 p.
- GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Resposta de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 365-370, 2011.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B. dos; SANTOS JUNIOR, J. A; TRAVASSOS, K. D.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R. **CRESCIMENTO DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**. In: INOVAGRI – International Meeting & IV WINOTEC- Workshop Internacional de Inovações e Tecnológicas na Irrigação, 2012, Fortaleza- CE. Anais. Fortaleza- CE: INOVAGRI, 2012. 5 p.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B. dos; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FARIAS, H. L. de. Biometria do Girassol em Função da Salinidade da Água de Irrigação e

- da Adubação Nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 7, n. 5, p. 277 - 289, 2013.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B. dos; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. A. Componentes de Produção e Rendimento do Girassol Sob Irrigação com Águas Salinas e Adubação Nitrogenada. **Revista Irriga**, v. 20, n. 3, p. 514-527, 2015.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. de S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R.G. Estresse salino na germinação e formação de porta-enxerto de aceroleira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.31-36, 2003.
- GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 3–10, 2010.
- HEIDARI, A.; TOORCHI, M.; BANDEHAGH, A.; SHAKIBA, M-R. Effect of NaCl stress on growth, water relations, organic and inorganic osmolytes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines. **Universal Journal of Environmental Research and Technology**, v. 1, n. 3, p. 351-362, 2011.
- HEIKAL, M. M.; AHMAD, A. M.; SHADDAD, A. Changes in dry weight and mineral composition of some oil producing plants over a range of salinity stress. **Biologia Plantarum**, v. 22, p. 25–33, 1980.
- IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.319-325, 2010.
- KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I; SHALHEVET, J. (Ed.). **Soil salinity under irrigation: processes and management**. Berlin: Springer-Verlag, p. 319-338, 1984.
- KHALIL, H. E.; IBRAHIM H. M.; NAWAR, A. I. Defoliation time, plant density and N-level for sunflower as a forage and oil crop. **Journal Advances of Agricultural Research**, v.13, p.748-763, 2008.
- LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distributions during shoot and development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental of Botany**, v.49, n.1, p.107-120, 2003.

- LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (eds.). **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE: Imprensa Universitária, p. 95-105, 2005.
- LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B. da; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-decorda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.221-230, 2009.
- LEONARDO, M.; BROETTO, F. BÔAS, R. L. V.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**, v.12, n.1, 2007.
- LEITE, R. M. B. C; BRIGHENTI, A. M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Soja, Londrina, 641p. 2005.
- LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo sendo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. **Revista Caatinga**, v.23, p.110-116, 2010.
- LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, S. S. da. Respostas morfofisiológicas da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Irriga**, v. 19, n.1, p.130-136, 2014.
- LIMA, C. B.; SANTOS FILHO, S. V.; SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, M. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.50-56, 2008.
- LIMA, L. A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. UFPB. 1997, p. 113-136.
- LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; ENÉASFILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-decorda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.
- LIMA, G. S. de. **Salinidade e natureza catiônica da água de irrigação na morfofisiologia e produção da mamoneira**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB. 2014.

- LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L. de; CHAGAS, M. C. M. das; BRISTOT, G.; DANTAS, J. A.; LIMA, J. M. P. de. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**. EMPARN, 2011. 40 p.;Il. ( Documentos, 40)
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. de; CHAVES, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.34- 43, 2008.
- MARRENCO CENTENO, C. R.; SANTOS, J. B. dos; XAVIER , D. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.S39–S45, 2014.
- MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v.78, n.1-2, p.25-38, 2005.
- MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1356-1361, 2009.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher Plants**. London, Academic Press Inc., 1995.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Bern: International Potash Institute, p. 295-318, 1982.
- MEDEIROS, J. F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152p. (Tese Doutorado). ESALQ/USP, 1998.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução de salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado). UFPB, 1992.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248–255, Campina Grande- PB, 2007.
- MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, v. 274, n.1, p. 3-6, 2004.

- MORGADO, L. N.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTANA, M. P. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1167-1177, 2002.
- MOHAMMAD, EL M.; BENBELLA, M.; TALOUIZETE, A. Effect of sodium chloride on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed germination. **Helia**, v.37, p. 51-58, 2002.
- MOURA, R. F. de. **Efeitos das lâminas de lixiviação de recuperação do solo e da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção e coeficiente de cultivo da beterraba**. Viçosa, 2000, 119p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NEVES, M. B.; BUZETYTI, S.; CASTILHO, R. M. M. de.; BOARO, C. S. F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, v. 33, n. 2, p. 127-133, 2005.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.7, p.747-754, 2010a
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. de. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.358-365, 2010b.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, A. F. PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 929-937, 2011.
- NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA. 1991. p.189-253.
- NUNES FILHO, J. **El mejoramiento de suelos sódicos y aguas bicarbonatadas, utilizando yeso agrícola en diferentes láminas de aplicación**. Texcoco: Colégio de Postgraduados, 1984. 229p. (Disertación Maestria).Texcoco: Colégio de Postgraduados, 1984.
- OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Ed. Nº 273. EMBRAPA 2004. 27p.

- PASTERNAK, D. Salt tolerance and crop production a comprehensive approach. **Annual Review of Phytopatology**, v. 25, p. 271-291. 1987.
- PLAZA, C. de A.; SANTOS, N. dos; SANTOS, M. de O. O Brasil no âmbito das energias renováveis: biocombustíveis e suas celeumas socioambientais. **Prismas: Direito, Políticas Públicas e Mundialização**, v. 6, n. 2, p. 305-328, jul./dez. 2009.
- PIZARRO, F. **Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2. Ed. Madrid: Editorial Espanõla S.A. 1985. 542p.
- RABBANI, A. R. C.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A.; CARVALHO, S. V. Á.; NUNES, F. B. S.; BRITO, A. S. Efeito do estresse salino sobre atributos da germinação de sementes de girassol. **Revista Scientia Plena**, v.9, n.5, p.1- 6, 2013.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. **Revista Ceres**, P. 163-179, 1991
- RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. **Química dos solos salinos e sódicos**. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, P. 449-484, 2009.
- RIBEIRO, P. H. P.; SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, C. da S.; CHAVES, L. H. G.. Crescimento e Componentes de Produção do Girassol em Função da Irrigação com Água Salina e Adubação Nitrogenada. **Engenharia na agricultura**, v. 23, n.1, p. 48-56, 2015.
- RICHARDS, L. A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Salinity Laboratory: 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000, 117p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem)
- ROSSI, R. **O Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998, 333 p.
- SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; LIMA, J. R. S.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, V. R. Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.
- SANTOS, J. F. dos; Grangeiro, J. I. T.; Wanderley, J. A. C.. Comportamento produtivo do girassol em função de doses de nitrogênio. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 291 - 296, 2013.
- SCHNEITER A. A.; MILLER J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, p. 901-903, 1981.
- SHANNON, M. C. Adaptation of plants of salinity. **Advence. in Agriculture**, v.60, n.1, p.75-120, 1997.

- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAUJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D.; Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1-3, p. 147-157, 2008.
- SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246. 2009.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B. Desenvolvimento inicial do girassol submetido a diferentes níveis de salinidade em dois tipos de solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, p. 124-131, 2012.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA, J. V.; FREITA, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013
- SMITH, A. P.; CHEN, D.; CHALK, P. M. N<sub>2</sub> fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.45, p.329-333, 2009.
- SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M A.; FARIAS F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.390-394, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 719p.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003
- TURHAN, H.; AYAZ, C. Effect of Salinity on Seedling Emergence and Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.1, p.149-152, 2004.
- TRAVASSOS, K. D. SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S. do; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R. **Crescimento inicial do girassol sob estresse salino**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro-BA/Petrolina- PE. Anais. Juazeiro-BA/Petrolina-PE: SBEA, 2009. 4 p.
- TRAVASSOS K. D.; SOARES F. A. L.; GHEYI H. R.; DIAS N. DA S.; NOBRE R. G. Crescimento e produção de flores de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.2, p.123-133, 2011.

- VENKTESH, A.; PRAKASH, V. Functional properties of the total proteins of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed – effect of physical and chemical treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 41, p. 18-23, 1993.
- YARON, B. **Water suitability for irrigation**. In: YARON, E.; DANFORS, E.; VAADID, Y. (ed) Arid zone irrigation. Berlin: Springer – Verlag, 1973. p. 71-88. (Ecological Studies, 5).
- WANDERLEY, J. A. C.; ARAÚJO FILHO, J. B. de; SOUZA, J. de S.; ALVES, L. de S.; MARACAJÁ, P. B. Efeito de doses de rejeito de caulim em solo sódico no desenvolvimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.26-38, 2010.
- WATANABE, A. A. **Desenvolvimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Pacino) com variação de nutrientes na solução nutritiva e aplicação de Daminozide – 2007**, p.106. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, 2007.