

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**HERNANDES DE OLIVEIRA FEITOSA**

**ROTAÇÃO CULTURAL GIRASSOL-MILHO IRRIGADO COM ÁGUAS  
SALOBRAS SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

**FORTALEZA**

**2014**

HERNANDES DE OLIVEIRA FEITOSA

**ROTAÇÃO CULTURAL GIRASSOL-MILHO IRRIGADO COM ÁGUAS  
SALOBRAS SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Albanise Barbosa Marinho

FORTALEZA

2014

HERNANDES DE OLIVEIRA FEITOSA

**ROTAÇÃO CULTURAL GIRASSOL-MILHO IRRIGADO COM ÁGUAS  
SALOBRAS SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (**Orientador**)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Albanise Barbosa Marinho (**Coorientadora**)  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira –UNILAB

---

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi (Conselheiro)  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

---

Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho (Conselheiro)  
Faculdade de Tecnologia Centec - FATEC CARIRI

*Aos meus pais, Leandro de Oliveira  
Feitosa e Joana Simão da Silva Feitosa.*

*Aos meus irmãos Eraldo, Janaina,  
Edinho, Everaldo, Patrícia, Simone,  
Erialdo, Evaldo, Jéssica e Edson. A  
minha eterna namorada Sebastiana  
Bezerra, por serem os maiores  
responsáveis pelo êxito alcançado, por  
estar sempre presente em minha vida.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me proporcionar mais um grande momento de vitória em minha vida.

A Universidade Federal do Ceará, especificamente ao Departamento de Engenharia Agrícola por proporcionar a oportunidade de ampliar meus conhecimentos.

Ao Professor Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda pelo apoio, orientação, amizade na execução deste trabalho.

Aos demais professores, Albanise Marinho, Raimundo Nonato, Clayton Moura e Hans Gheyi pela contribuição na orientação durante o trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Agrícola que contribuíram com seus conhecimentos e ensinamentos, principalmente, Adunias, Camboim, Daniel Albieri, Carlos Viliotti, José Carlos, Marcus Bezerra, Thales.

Aos bolsistas do grupo de pesquisa de salinidade: Ricardo, Gabriel, Jardelson, Luciano, Edineide, Carlos Henrique, Tamires Paiva, pelo apoio e amizade na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, Maurício, Ana, Fátima, Almiro, Marilá, Carlos, pela amizade e apoio.

Ao secretário da Pós graduação e amigo Manoel Jacó, pela presteza de seus serviços prestados.

Aos amigos de curso do Departamento de Engenharia Agrícola pela convivência, companheirismos.

A CAPES e o INCTSal pelo apoio financeiro.

A Faculdade de Tecnologia Centec e aos colegas de trabalho e alunos pelo apoio e incentivo na execução desse trabalho.

A todos que direto ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

## RESUMO GERAL

FEITOSA, Hernandes de Oliveira. Universidade Federal do Ceará, Fevereiro de 2012. **Rotação cultural girassol-milho irrigado com águas salobras sob diferentes doses de nitrogênio.** Orientador: Claudivan Feitosa de Lacerda. Coorientadora: Albanise Barbosa Marinho. Conselheiros: Raimundo Nonato Távora Costa; Hans Raj Gheyi; Clayton Moura de Carvalho.

A salinização é um dos fenômenos crescentes em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, decorrente de condições climáticas e da agricultura irrigada. Assim, o manejo do solo, torna-se um contribuinte intenso para o aumento de áreas com concentrações salinas inadequadas. Diante disso, objetivou-se avaliar, efeito da salinidade juntamente com a adubação nitrogenada na rotação cultural de girassol/milho, nos atributos químico do solo, nos seus parâmetros de trocas gasosas, eficiência no uso de nitrogênio, produtividade, além, da análise econômica do sistema. Os Experimentos foram realizados no setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. O estudo teve duração de 24 meses (06/2011 a 06/2013), sendo realizados quatro ciclos intercalados (girassol/milho/girassol/milho) com o girassol cultivado durante as estações secas e o milho nas estações chuvosas. O delineamento experimental foram blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com cinco tratamentos (parcelas), definidos em função de níveis de salinidade; 0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>; quatro doses de nitrogênio (subparcela); 0; 50; 100 e 150%, da recomendação da cultura do girassol. Na cultura do milho, seguiu-se o mesmo delineamento, porém, avaliando os efeitos residuais dos sais no solo e com os mesmos percentuais de nitrogênio recomendado para a cultura. Foram procedidos todos os tratamentos culturais e fitossanitários necessários. Antes e após cada ciclo foram realizadas amostragens de solo e avaliados os atributos químicos do solo, entre as estações secas e chuvosas, utilizando uma análise multivariada. Para se mensurar os efeitos dos tratamentos foram realizadas duas avaliações por ciclo (ao final da fase de crescimento e de florescimento) das seguintes variáveis de trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, eficiência no uso de água), eficiência no uso de nitrogênio. Ao final de cada ciclo foram avaliados os dados de produção (fitomassa seca das folhas, caule, capítulo e/ou sabugo, percentual de sementes chochas, massa de 1000 sementes, produtividade e o potencial produção de óleo). Os dados foram submetidas à análise estatística, realizando-se análise de variância (Teste F) e Teste de Tukey para comparação de médias. A partir dos dados de produtividade foi realizada uma análise econômica e de sensibilidade no intuito de investigar a viabilidade do sistema rotacional de culturas. Os resultados mostraram que a análise multivariada foi importante para entender as correlações temporal e espacial do solo e seus tratamentos, sendo o Ca, Mg, PST, Na, M.O os atributos trocáveis que mais explicaram as variações existentes no solo. Quanto às variáveis de trocas gasosas e de produção na cultura do girassol foram afetados pelos níveis salinos e dosagens de nitrogênio, como também sua eficiência. Na cultura do milho, os parâmetros de trocas gasosas e produção foram poucos afetados pelos efeitos residuais dos sais no solo, porém, bastante influenciados pelas doses de nitrogênio. Concluí-se que na cultura do girassol as melhores respostas foram obtidas quando interagiu a menor salinidade e a maior dose de nitrogênio. Para a cultura do milho mesmo a precipitação sendo suficiente para lixiviar os sais, ainda sim, os parâmetros analisados sofreram influencia dos sais presente no solo, respondendo melhor, quando as plantas foram cultivadas em solo com menor efeito residual dos sais e maior dose nitrogenada. A análise econômica

revelou que, o maior retorno econômico ao empreendimento é obtido quando não se aplica água salina no sistema de manejo rotacional, porém, há rentabilidade no emprego de água quando se aplica nitrogênio principalmente em maior quantidade, indicando que o manejo do solo usando a rotação de girassol e milho, irrigando com água salina no período seco e precipitação mais irrigação suplementar com de baixa salinidade é uma alternativa rentável para o semiárido Nordeste.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L. *Zea mays*. Estresse salino. Manejo de solo. Fertilidade do solo. Viabilidade econômica.

## GENERAL ABSTRACT

FEITOSA, Hernandes de Oliveira. Universidade Federal do Ceará, September 2014. **Crop Rotation sunflower seed-corn irrigated with brackish waters under different doses of nitrogen.** Advisor: Claudivan Feitosa de Lacerda. Advisors: Albanise Barbosa Marinho; Raimundo Nonato Távora Costa; Hans Haj Gheyi; Clayton Moura de Carvalho.

Salinity is a growing phenomenon around the world, especially in arid and semiarid regions, caused by climatic conditions and irrigated agriculture. Thus, the soil management becomes an intense contributor to the increase in areas with inadequate salt concentration. Therefore, we aimed to evaluate the effect of salinity along with nitrogen fertilizer on crop rotation sunflower / corn in chemical soil properties in their gas exchange parameters, nitrogen use efficiency, productivity, besides, the economic analysis system. Experiments were conducted in the hydraulics industry, Department of Agricultural Engineering, Federal University of Ceará, Fortaleza. The study lasted 24 months (06/2011 to 06/2013), four cycles interspersed (sunflower / corn / sunflower / corn) being conducted with cultivated during the dry seasons sunflower and maize in the rainy seasons. The experimental design was a randomized block design in a split plot design with five treatments (plots), defined as a function of salinity levels; 0,8; 2,2; 3,6; 5,0 and 6,4 dS m<sup>-1</sup>; Four levels of nitrogen (subplots); 0; 50; 100 and 150%, the recommendation of the sunflower crop. In maize, followed by the same design, however, assessing the effect of residual salts in the soil and with the same percentage of nitrogen recommended for culture. All cultural and phytosanitary treatments were needed proceeded. Before and after each cycle soil samples were taken and evaluated for soil, between the dry and rainy seasons, using a multivariate analysis. To measure the effects of the treatments were carried out two evaluations per cycle (at the end of the phase of growth and flowering) of the following variables of gas exchange (photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, internal CO<sub>2</sub> concentration, efficiency in water use), nitrogen use efficiency. At the end of each cycle production data (dry weight of leaves, stems, chapter and/or cob, percentage of empty seeds, weight of 1000 seeds, productivity and the potential production of oil) were evaluated. The data were subjected to statistical analysis, performing analysis of variance (F test) and Tukey's test for comparison of means. From the data of economic productivity and sensitivity in order to investigate the feasibility of rotational cropping system analysis was performed. The results showed that the multivariate analysis was important to

understand the spatial and temporal correlations of the soil and their treatments, Ca, Mg, PST, Na, M.O attributes that the exchangeable explained more variations existing in the soil. Regarding the variables of gas exchange and production in sunflower crop were affected by salt levels and rate of nitrogen, but also its efficiency. In maize, the parameters of gas exchange and yield were significantly affected by the residual effects of salts in the soil, however, strongly influenced by nitrogen rates. We concluded that sunflower cultivation in the best results were obtained when interacted with lower salinity and higher nitrogen levels. For maize even rainfall is sufficient to leach salts, yet, the parameters analyzed suffered influences of salts in the soil, responding best when plants were grown in soil with lower residual effect of salts and increased nitrogen dose. The economic analysis showed that the greatest economic return for the project is obtained when not apply saline water in the rotational management system, however, there is profitability in the use of water when applying nitrogen mainly in larger amounts, indicating that the soil management using rotation sunflower and corn, irrigating with saline water in the dry season and more rainfall supplementary irrigation with low salinity is a cost effective alternative to the semi-arid Northeast.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L. *Zea mays*. Salt stress. Soil management. Soil fertility. Economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1 -</b>	Localização da área experimental	55
<b>Figura 2 -</b>	Disposição dos tratamentos na área experimental	58
<b>Figura 3 -</b>	Disposição do sistema de irrigação na área experimental	60
<b>Figura 4 -</b>	Realização da adubação de cobertura na cultura do girassol (A) e milho (B)	62
<b>Figura 5 -</b>	Superfície de resposta do percentual de sementes chochas do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.	74
<b>Figura 6 -</b>	Superfície de resposta da produtividade do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas	75
<b>Figura 7 -</b>	Superfície de resposta do potencial de produção de óleo do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas	77
<b>Figura 8 -</b>	Superfície de resposta do percentual de sementes chochas do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas	82
<b>Figura 9 -</b>	Superfície de resposta da produtividade do girassol, cv. BRS324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.	83
<b>Figura 10 -</b>	Superfície de resposta do potencial de produção de óleo do girassol, cv. BRS324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.	85
<b>Figura 11 -</b>	Superfície de resposta da produtividade do milho, AG1051, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.	89
<b>Figura 12 -</b>	Superfície de resposta da produtividade do milho, AG1051, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.	92

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1 -</b>	Superfície de resposta da fotossíntese do girassol, cv. BRS 324, aos 30	125
-------------------	---	-----

- DAP (A) e 60 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada
- Figura 2 -** Superfície de resposta da fotossíntese do girassol, cv. BRS 324, aos 30 DAP (A) e 60 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada 130
- Figura 3 -** Superfície de resposta da fotossíntese do milho, AG1051, aos 40 DAP (A) e 80 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada. 135
- Figura 4 -** Superfície de resposta da fotossíntese do milho, AG1051, aos 40 DAP (A) e 80 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada 139

### CAPÍTULO 3

- Figura 1 -** Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, nas camadas de solo (0,0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m).  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O-Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $\text{K}^+$  - Potássio;  $\text{Na}^+$  - Sódio;  $\text{Ca}^{2+}$  - Cálcio;  $\text{Mg}^{2+}$  - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável 163
- Figura 2 -** Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos tratamentos salinos e nitrogenados a partir dos atributos químicos de um argissolo vermelho amarelo cultivado com girassol. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4  $\text{dS m}^{-1}$ ) e, N1, N2, N3 e N4 (0,0; 25; 50 e 75  $\text{kg N por ha}^{-1}$ ), nas camadas de solo (0,0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m) 166
- Figura 3 -** Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, nas camadas de solo (0,0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m).  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O-Matéria

orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $K^+$  - Potássio;  $Na^+$  - Sódio;  $Ca^{2+}$ - Cálcio;  $Mg^{2+}$ - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável 171

**Figura 4 -** Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos efeitos residuais dos sais e de doses nitrogenadas a partir dos atributos químicos de um argissolo vermelho amarelo cultivado com milho. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS  $m^{-1}$ ) e, N1, N2, N3 e N4 (0,0; 108,5; 217 e 324,5 kg N por  $ha^{-1}$ ), nas camadas de solo (0,0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m) 173

**Figura 5 -** Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol e milho durante 24 meses, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, na camada de solo (0,0 – 0,30m).  $pH_{H_2O}$ - em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O- Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $K^+$  - Potássio;  $Na^+$  - Sódio;  $Ca^{2+}$ - Cálcio;  $Mg^{2+}$ - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável 177

**Figura 6 -** Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos efeitos salinos e de doses nitrogenadas a partir dos atributos químicos de um argissolo vermelho amarelo cultivado com girassol e milho. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS  $m^{-1}$ ) e, N1, N2, N3 e N4 (0; 50; 100 e 150% ) de N , segundo recomendação para ambas as culturas, na camada de solo (0,0 – 0,30 m). 181

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1 -</b>	Características físico-químicas do solo da área experimental	56
<b>Tabela 2 -</b>	Características climáticas da área experimental durante o período de cultivo	57
<b>Tabela 3 -</b>	Características da água do poço e do maior nível de água salina utilizadas na irrigação de plantas de girassol	59
<b>Tabela 4 -</b>	Resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.	69
<b>Tabela 5 -</b>	Resumo das análises das variâncias para os dados produtividade (PROD), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ), sementes chochas (PSC), teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de óleo (PPO), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.	70
<b>Tabela 6 -</b>	Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ) e teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ), do girassol, cv. BRS 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio	71
<b>Tabela 7 -</b>	Resumo das análises das variâncias para os dados massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.	78
<b>Tabela 8 -</b>	Resumo das análises das variâncias para os dados de produtividade (PROD), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ), sementes chochas (PSC), teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de óleo (PPO), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.	79
<b>Tabela 9 -</b>	Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca	

	total (MST), massa de mil aquênios (MMA) e teor de óleo dos aquênios (Tóleo), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogenio	80
<b>Tabela 10 -</b>	Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.	86
<b>Tabela 11-</b>	Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.	87
<b>Tabela 12-</b>	Resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.	90
<b>Tabela 13-</b>	Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio	91
<b>Tabela 14-</b>	Custo de produção de 1,0 ha de girassol utilizando sistema de irrigação por gotejamento irrigado com água salina e dosagem máxima de nitrogênio	95
<b>Tabela 15-</b>	Custo de produção de 1,0 ha de milho utilizando irrigação suplementar em função do resíduo de sais no solo e sem aplicação de nitrogênio	97
<b>Tabela 16-</b>	Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 1	98

<b>Tabela 17-</b>	Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 4*	99
<b>Tabela 18-</b>	Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 17	99
<b>Tabela 19-</b>	Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 20	100
<b>Tabela 20-</b>	Relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) para os tratamentos analisados e submetidos ao cultivo rotacional de girassol/milho utilizando água salina e doses de nitrogênio	102
<b>Tabela 21-</b>	Relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) para os tratamentos analisados e submetidos ao cultivo rotacional de girassol/milho utilizando água salina e doses de nitrogênio, com o aumento em 10% e diminuição em 10% na produção	104

## CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1 -</b>	Resumo da análise da variância para os dados de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado sob cinco níveis de sais na água irrigação (S), quatro doses de nitrogênio (N) e duas épocas de avaliação (E).	122
<b>Tabela 2 -</b>	Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE	123

<b>Tabela 3 -</b>	Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas do girassol, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição.	127
<b>Tabela 4 -</b>	Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE	128
<b>Tabela 5 -</b>	Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas do milho, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição.	132
<b>Tabela 6 -</b>	Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), eficiência no uso de água (EUA) e índice de clorofila (IS) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE	133
<b>Tabela 7 -</b>	Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas do milho, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição	136
<b>Tabela 8 -</b>	Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), eficiência no uso de água (EUA) e índice de clorofila (IS) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE	137
<b>Tabela 9 -</b>	Valores médios da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) do girassol, cv. BRS 324, em resposta do efeito salino da água e doses de nitrogenio.	141
<b>Tabela 10 -</b>	Valores médios da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.	144

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 1 -</b>	Variáveis químicas analisadas no solo, em cada unidade experimental e métodos utilizados	157
-------------------	--	-----

<b>Tabela 2 -</b>	Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente	160
<b>Tabela 3 -</b>	Correlação dos atributos químicos com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os parâmetros analisados	161
<b>Tabela 4 -</b>	Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente	168
<b>Tabela 5 -</b>	Correlação dos atributos químicos com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os parâmetros analisados	169
<b>Tabela 6 -</b>	Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente	175
<b>Tabela 7 -</b>	Correlação dos atributos químicos analisados com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os atributos analisados	176

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>A cultura do girassol</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Salinidade</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Nitrogênio</b>	<b>35</b>
<b>4.5</b>	<b>Rotação de cultura</b>	<b>38</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise econômica</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>46</b>

---

### **CAPÍTULO 1: COMPONENTES DE PRODUÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA DA ROTAÇÃO DE CULTURA (GIRASSOL/MILHO) SUBMETIDOS À DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E NITROGÊNIO**

---

#### **RESUMO ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>53</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>55</b>
<b>2.1</b>	<b>Localização e caracterização da área experimental</b>	<b>55</b>
<b>2.2</b>	<b>Material vegetal</b>	<b>57</b>
<b>2.3</b>	<b>Descrição dos experimentos</b>	<b>58</b>
<b>2.4</b>	<b>Instalação e condução da cultura</b>	<b>59</b>
<b>2.5</b>	<b>Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários</b>	<b>62</b>
<b>2.6</b>	<b>Colheita e beneficiamento</b>	<b>62</b>
<b>2.7</b>	<b>Variáveis avaliadas</b>	<b>62</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Produção de massa seca</b>	<b>62</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Massa de 1000 sementes</b>	<b>63</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Porcentagem de sementes chochas</b>	<b>63</b>
<b>2.7.4</b>	<b>Produtividade</b>	<b>63</b>

2.7.5	Teor de óleo	63
2.7.6	Potencial de produção de óleo	65
<b>2.7</b>	<b>Análise estatística</b>	65
<b>2.8</b>	<b>Análise econômica</b>	66
<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	69
<b>3.1</b>	<b>Girassol</b>	69
3.1.1	Primeiro ciclo	69
3.1.2	Segundo ciclo	78
<b>3.2</b>	<b>Milho</b>	85
3.2.1	Primeiro ciclo	85
3.2.2	Segundo ciclo	89
<b>3.3</b>	<b>Análise econômica</b>	94
<b>4.0</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	107
	<b>REFERENCIA</b>	108

---

**CAPÍTULO 2:TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO DAS  
CULTURAS (GIRASSOL/MILHO) SUBMETIDOS À DIFERENTES NÍVEIS DE  
SALINIDADE E NITROGÊNIO EM SISTEMA ROTACIONAL**

---

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	118
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	120
<b>2.7</b>	<b>Variáveis avaliadas</b>	120
<b>2.8</b>	<b>Análise estatística</b>	121
<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	122
<b>3.1</b>	<b>Primeiro cultivo de girassol</b>	122
3.1.1	Trocas gasosas	122
<b>3.2</b>	<b>Segundo cultivo de girassol</b>	126
3.2.1	Trocas gasosas	126
<b>3.3</b>	<b>Primeiro cultivo de milho</b>	132
3.3.1	Trocas gasosas	132
<b>3.4</b>	<b>Segundo ciclo de milho</b>	135
3.4.1	Trocas gasosas	135
<b>3.5</b>	<b>Eficiência no Uso de Nitrogênio</b>	140
3.5.1	Girassol	140
3.5.2	Milho	143
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	146
	<b>REFERENCIAS</b>	147

---

**CAPÍTULO 3: ANÁLISE MULTIVARIADA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE  
UM ARGISSOLO SOB SISTEMA ROTACIONAL (GIRASSOL/MILHO)  
SUBMETIDOS À DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E NITROGÊNIO**

---

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>154</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>156</b>
<b>2.6</b>	<b>Variáveis avaliadas</b>	<b>156</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise estatística</b>	<b>158</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>159</b>
<b>3.1</b>	<b>Análise multivariada dos atributos químicos do solo para a estação seca</b>	<b>159</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise multivariada dos atributos químicos do solo para a estação chuvosa</b>	<b>167</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise multivariada dos atributos químicos do solo para as estações secas e chuvosas</b>	<b>174</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>183</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>184</b>



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil e no mundo, a demanda por sistemas energéticos que se enquadrem às metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto tem gerado a necessidade de substituição dos combustíveis fósseis (maiores geradores de gases de efeito estufa), por fontes derivadas da energia da biomassa. Por se tratar de uma fonte renovável e por seu uso sustentável reduzir consideravelmente os danos ao meio ambiente, a utilização do Biodiesel tem sido largamente pesquisada para o uso em programas de energia renovável. Projeções têm apontado o Brasil como o país de maiores potencialidades na produção de óleo vegetal para o Biodiesel.

A União Européia atualmente lidera o mercado da produção mundial de biodiesel, apesar da relativa escassez de terras agricultáveis, projetando o seu mercado para a adição de 8% de biocombustíveis até 2020, com um enfoque ambiental. No Brasil e no mundo a competitividade do mercado de Biodiesel depende estritamente da desoneração tributária do produto, uma vez que os custos de produção são superiores em relação ao Diesel. Estima-se que dos custos de produção, 80% estejam associados à produção de matéria-prima. As principais estratégias para o estabelecimento do mercado de biodiesel no país são, além da tributação seletiva, as adoções de mistura compulsória, a sustentação de compras por leilões do governo e o nascimento do mercado de exportação de biodiesel, principalmente voltado para a União Européia (ABIOVE, 2006).

Também, é notável o crescimento da agricultura familiar, a grande responsável pela produção da maior parte de alimentos dos brasileiros. Essa classe em ascensão começa a se destacar agora na produção e venda de oleaginosas (mamona, dendê, girassol, algodão) que dão origem a uma das mais importantes fontes de energia renovável do planeta (biodiesel).

Entretanto, grande parte das áreas cultivadas apresentam problema de salinidade, principalmente nas regiões áridas e semiáridas. A salinidade é um termo que qualifica uma situação de excesso de sais solúveis no solo ou no ambiente radicular onde as plantas estão crescendo. No entanto, o efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo tem caráter positivo dependendo da concentração e da composição dos sais, pois em altas concentrações promovem a floculação das partículas, aumento dos sais na solução do solo que por sua vez atinge o desenvolvimento das plantas. (RIBEIRO et al. 2009).

Além do mais, com os cenários de mudanças climáticas, que sugere o aumento da temperatura e a elevação do nível do mar, podem aumentar o risco de salinização, resultando na expansão de áreas afetadas por sais. Esse acúmulo de sais no solo é um produto final de vários processos, conduzidos por diferentes causas, que afeta virtualmente todos os aspectos da fisiologia e metabolismo das plantas, estando relacionado ao manejo inadequado da irrigação e elevadas doses de fertilizantes químicos, gerando maior preocupação na agricultura moderna.

Aliado ao processo de salinização, na agricultura dita moderna, há elevadas perdas de nutrientes, principalmente o Nitrogênio (N), no qual 70% é importado, sendo que suas perdas são em torno de 60%. Assim, houve a necessidade de novas técnicas de cultivos, como a rotação de culturas, que visa manter a produtividade das culturas, aumentando o teor de matéria orgânica e fertilidade do solo, causando menor dependência de insumos externos.

Portanto, essas melhorias precisam ser mensuradas e transformadas em informações econômicas, para fazer análise econômica dessas atividades agrícolas no âmbito de encontrar a forma mais econômica, visando um maior retorno econômico ao investidor.

## **2 HIPÓTESE**

A técnica de rotação de cultura (girassol/milho) utilizando água salina no período seco e precipitação mais irrigação suplementar juntamente com a aplicação de nitrogênio, consegue manter o solo produtivo, disponibilizando maior teor nutricional, contribuindo para melhor desempenho das plantas, tornando essa estratégia economicamente viável ao produtor.

## **3 OBJETIVO**

A presente proposta visa gerar informações sobre o efeito da salinidade juntamente com a adubação nitrogenada na rotação cultural de girassol/milho, nos atributos químico do solo, nas suas variáveis de trocas gasosas e produção, além, da análise econômica do sistema.

### **3.1 Objetivos específicos**

1 - Avaliar o efeito da salinidade da água sobre as propriedades química do solo, no sistema de cultivo rotacional entre oleaginosa e gramínea;

2 - Analisar o desempenho fisiológico e produtivo das culturas sob efeito dos sais e nitrogenado;

3 - Analisar o desempenho da cultura de milho na estação chuvosa como estratégia de manejo, para atenuar os efeitos residuais da salinidade na água de irrigação na época seca;

4- Analisar a rentabilidade econômica do cultivo rotacional entre oleaginosa/gramínea submetido à irrigação com água salina e adubação nitrogenada.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Biodiesel

A produção de fontes de energia renovável visando atender à demanda de consumo e reduzir a pressão sobre a utilização dos combustíveis fósseis tornou-se a principal temática dos últimos anos, num momento em que indicadores apontam para um aumento no consumo de energia e, conseqüentemente, para maiores emissões de poluentes que provocam alterações no clima global (LOPES, 2010).

A demanda do Brasil em biodiesel para substituir 2% do diesel é de 14,4 bilhões de litros, o que demandou uma área cultivada com culturas produtoras de óleo vegetal de aproximadamente 1,17 milhões de hectares. Considerando a necessidade de 5% de substituição do diesel por biodiesel em 2013 a área ocupada pelas culturas aumentou para 2,92 milhões de hectares (SIMON, 2009).

Segundo o mesmo autor, o Brasil é um dos países do mundo que reúne o maior quantitativo de vantagens comparativas para liderar a agricultura de energia. A primeira vantagem comparativa que se destaca à perspectiva de incorporação de áreas à agricultura de energia, sem competição com a agricultura de alimentos, e com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito. O segundo aspecto a considerar é a possibilidade de múltiplos cultivos dentro do calendário anual e, terceiro a variabilidade edafoclimática existente capaz de cultivar diversas culturas, podendo produzir biodiesel a partir de diversas matérias-primas, passíveis de produção em suas diversas regiões, o que reduz o efeito da sazonalidade, aumentando a produção e a oferta de biodiesel. Atualmente as culturas potenciais fornecedoras de matéria-prima para a produção de biodiesel no Brasil são: soja, dendê, babaçu, girassol, canola, mamona, amendoim e nabo.

Portanto, mesmo com essas vantagens, ainda somos incipientes na produção de biodiesel. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2010), 78,88% do biodiesel brasileiro ainda provêm da soja; 15,54% de gordura bovina; 3,18% do óleo do caroço do algodão; 0,41% de óleo de palma; 0,21% de óleo de amendoim; 0,15% de óleo de fritura usado; 0,11% de óleo de gergelim; 0,06% de gordura de porco; 0,05% de óleo de mamona; 0,03% de gordura de frango; 0,03% de óleo de girassol e, 2,23% de outros materiais graxos. Diante desses percentuais,

questiona-se principalmente, a baixa oferta de matéria-prima pela agricultura familiar e a produção de energia a partir de oleaginosas.

Entretanto, o crescente mercado para biodiesel tende a usar cada vez mais a produção de oleaginosas produzidas pela agricultura familiar, abrindo novas oportunidades de trabalho e renda a este setor, visto que existe disponibilidade de mão-de-obra para o cultivo. Além disso, sua inserção seria facilitada pela organização desses agricultores em cooperativas, permitindo agregar resultados produtivos de muitos produtores, integrando-os a uma escala de venda compatível com as demandas do mercado (BORSUK, 2008).

Também, para Monteiro (2007), várias seriam as vantagens em inserir o agricultor familiar na cadeia produtiva do biodiesel. Além da possibilidade de geração de renda e empregos agrícolas, o apoio à inserção dos agricultores familiares na cadeia produtiva de biodiesel tende a fomentar a diversificação de cultivos agrícolas regionais.

Entre as oleaginosas com finalidade energética que vem se destacando está o girassol, com capacidade de cultivo em todas as regiões do país, sendo considerada a oleaginosa com maior condição de atender à demanda brasileira de biodiesel, depois da soja. O girassol possui um elevado teor de óleo (em média 42%), é resistente à falta de água, adapta-se bem em praticamente todo o país e possui um custo de produção menor que outras oleaginosas, como a mamona (CASTRO, 2007). Seu rendimento é pouco influenciado pela altitude e pelo fotoperíodo, facilitando a sua introdução nas diferentes condições edafoclimáticas das áreas tradicionais de produção.

## **4.2 A cultura do girassol**

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertencente à família Asteraceae é originada da América do Norte. Está inserido entre as espécies vegetais de maior potencial para a produção de biocombustível, além de se constituir em uma importante opção para o produtor agrícola em sistemas envolvendo rotação ou sucessão de culturas. Sua ampla adaptação as diferentes condições climáticas, teor e qualidade do óleo de suas sementes, contribui com a inserção da mesma no programa nacional de produção e uso de biodiesel (UNGARO, 2006).

Segundo a CONAB (2012) os maiores produtores de grãos de girassol são a Rússia, Ucrânia, União Europeia e Argentina. A produção nacional de girassol em 2012 foi de 94,6 mil toneladas, superior à safra anterior em 13,8%, com área total cultivado

de 67900 ha, produção de 94600 Mg e produtividade de 1392 kg ha<sup>-1</sup>. Na região Nordeste foi cultivado 2100 ha com produção de 1700 Mg e produtividade média de 767 kg ha<sup>-1</sup>. O estado do Ceará cultivou 1900 ha com produção de 1500 Mg e produtividade de 780 kg ha.

Essa cultura por possuir um ciclo vegetativo relativamente curto (90 a 130 dias), o desempenho do girassol é dependente do cultivar, da data de semeadura, das condições edafoclimáticas de cada região e ano (EMBRAPA, 2012). Essa oleaginosa apresenta um sistema radicular do tipo pivotante, com uma combinação entre raízes grossas e finas. Em solos bem desenvolvidos, a raiz principal pode atingir profundidade superior a 2,0 m, porém, grande parte de suas raízes atingem profundidades de 0,25 m, contribuindo para apresentar-se como tolerante a irregularidade pluvial devido à distribuição radicular e capacidade de captação de água em profundidade. No entanto, em solos compactados, ocorre baixo desenvolvimento radicular, com baixa absorção de nutrientes e hídrica (UNGARO, 2000).

O caule é ereto, geralmente não ramificado, com altura entre 1,0 e 2,5 m e número de folhas por planta entre 20 e 40. Segundo Viana (2008) inflorescência é do tipo capítulo e sua semente é chamada de aquênio, constituído de pericarpo (casca), mesocarpo e endocarpo (amêndoa). O caule e o capítulo são os componentes de maior participação na produção de massa do girassol. Segundo EMBRAPA (2012), nos genótipos comerciais, o peso de 1.000 aquênios varia de 30 a 60 g e, o número mais frequente de aquênios pode variar entre 800 e 1.700 por capítulo.

Essa cultura pode proporcionar às culturas subsequentes ganho na produtividade, pois foi verificado que em áreas onde é feita rotação de culturas com girassol, observa-se acréscimo na produtividade de 10% na cultura da soja e, de 15 a 20% no milho (EMBRAPA, 2009). Estudos conduzido por Neves et al. (2005), Corrêa et al. (2008) e Nobre et al. (2008) têm comprovado que se aproveita do girassol todas as suas partes e, dentre os seus usos, também podendo ser utilizada como produção de forragem alternativa, planta melífera, ornamental, produção de óleo para alimentação humana e biocombustíveis. Do ponto de vista da produção do óleo extraído dos aquênios, pode ser usado como uma fonte potencial de energia renovável e também na alimentação humana (FERRARI; SOUZA, 2009; NOBRE et al. 2010).

O girassol é uma cultura que se adapta bem a diversos ambientes, podendo tolerar temperaturas baixas e períodos de estresse hídrico. Com relação ao fotoperíodo, é classificada como espécie insensível (SMIDERLE et al. 2004), desenvolve bem em

temperaturas variando entre 20 e 25 °C embora estudos em condições controladas indicam que 27 a 28 °C parecem ser as temperaturas ótimas. Ainda os mesmos autores, a faixa de temperatura entre 8 a 34 °C é tolerada pelo girassol, sem redução significativa da produção, indicando adaptação da cultura a regiões com dias quentes e noites frias. Temperaturas elevadas e tempo seco aceleram a floração e, ocasionalmente, dificultam uma polinização adequada.

A relação entre a concentração de ácido oleico/linoléico é influenciada pelas condições ambientais, principalmente temperatura, e genotípicas. O girassol cultivado em condições de menores temperaturas durante o período de síntese de óleo possibilita o aumento do teor do ácido graxo linoléico, enquanto reduz o de oléico (HASSAN; AHMAD, 2003). Ressalta-se ainda que, altas temperaturas principalmente à noite, tem sido identificada como o principal fator ambiental, reduzindo a relação entre ácido linoléico/oléico.

Outro fator climático é o déficit hídrico, sendo considerado o principal fator limitante para o desenvolvimento das culturas em solos agricultáveis, causando variabilidade dos rendimentos de grãos de um ano para outro, nas diversas regiões produtoras brasileiras, contribuindo para limitar a obtenção de elevadas produtividades. No entanto, o girassol é frequentemente cultivado em condições não irrigadas e, devido a sua tolerância à seca, mas, em situações de limitada disponibilidade de água, a produção de grãos pode ser afetada drasticamente (FARIAS, 2004). Mesmo que seu sistema radicular possa absorver água em profundidades elevadas.

O consumo de água pelo girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo. A necessidade de água para o girassol vai aumentando de 0,5 a 0,7 mm dia<sup>-1</sup> durante a fase da semeadura à emergência, para um máximo de 6 a 8 mm dia<sup>-1</sup>, na floração e no enchimento de grãos, decrescendo após esse período até a maturação fisiológica, necessitando entre 500 a 700 mm de água bem distribuídos durante seu ciclo (CASTRO; FARIAS, 2005).

Segundo Lima (2011) estudando girassol cv. Catissol no município de Russas, CE, constatou que a lâmina de irrigação de 807,1 mm proporcionou uma produtividade máxima de 1.634,25 kg ha<sup>-1</sup>. Porém, a interação entre lâminas e coberturas do solo não causaram efeito significativo nas variáveis estudadas. Já estudo com girassol no Município de Pentecoste, CE, Almeida (2012), concluiu que a lâmina de irrigação de 533,70 mm proporcionou os maiores potenciais de produção de aquênios 4.222,76 e

3.948,02 kg ha<sup>-1</sup>, e de óleo 1.851,55 e 1.760,63 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente.

Outra característica do girassol é a elevada capacidade de absorver nutrientes. Essa característica está associada à produção de matéria seca e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular, determinando a ciclagem de nutrientes recuperados das camadas mais profunda do solo (CORREÇÃO, 2004).

Essa exigência nutricional da cultura de girassol varia em função da fase de desenvolvimento em que se encontra. Segundo Castro e Oliveira (2005) a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior desenvolvimento ocorre entre 28 e 56 dias após a semeadura (DAS), decrescendo nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios e, dos 56 a 84 dias, quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente, acumulando respectivamente um total de 41; 17,1 e 171 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para produzir uma tonelada de grãos.

O período que compreende o final do enchimento de aquênios possui intensa translocação, principalmente de nitrogênio e fósforo, dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, demonstrando uma alta exportação, a qual é de aproximadamente 56 a 70% do total acumulado (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O potássio (K) é o elemento exigido em maior quantidade pela cultura do girassol (SANTOS, 2009). É um elemento muito móvel na planta, com alta mobilidade intracelular e nos tecidos, percorrendo longas distâncias com distribuição pelos vasos do xilema e floema (MEURER, 2006), porém, a redistribuição para os aquênios é baixa, indicando que grande parte do K acumulado pode retornar ao solo com a decomposição dos restos culturais. A ordem de exportação, por sua vez, foi à seguinte: N > P = K > Mg = S > Ca (ZABIOLE et al. 2010). Segundo o mesmo autor, para uma boa produção de girassol, a disponibilidade de potássio deve ser média a alta devido à elevada demanda.

O fósforo (P) é o nutriente mais exportado pelos aquênios. Sua absorção ocorre até o ponto de enchimento dos grãos, podendo ser translocado das folhas e caule durante o período de maturação, numa razão de até 60%. A adubação mínima de P para a produção de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em solos com alto teor de fósforo é de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, podendo ser de até 80 kg ha<sup>-1</sup> nos solos com disponibilidade muito baixa (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O cálcio (Ca) apesar de considerado um macronutriente secundário, é o terceiro nutriente mais exigido pela cultura do girassol (ZABIOLE et al. 2010). Segundo Vitti et al. (2006), sua absorção pode ser diminuída por altas concentrações no solo de  $K^+$ ,  $Mg^{++}$  e  $NH_4^+$ . Esse nutriente encontra-se firmemente ligado a estruturas no apoplasto, sendo parte trocável nas paredes celulares e na membrana plasmática. Muitas das funções do Ca estão ligadas à composição estrutural de macromoléculas e relacionadas à sua capacidade de coordenação, o que confere ligações intermoleculares estáveis mais reversíveis, principalmente nas paredes celulares e na membrana plasmática.

Depois do cálcio, o magnésio ( $Mg^{++}$ ) segue na ordem de absorção nutricional do girassol (ZABIOLE et al. 2010). Sua absorção ocorre de forma semelhante ao K, porém, com mais intensidade de assimilação pela planta através do mecanismo de fluxo de massa, assim como  $Ca^{+2}$ . As funções do  $Mg^{++}$  na planta estão relacionadas principalmente, com sua capacidade de interagir com ligantes nucleofílicos, como os grupos fosforílicos, por meio de ligações iônicas, e agindo como elemento de ligação e, ou, formando complexos de diferentes estabilidades plasmática. Grande proporção do  $Mg^{++}$  total da planta está envolvida na regulação do pH celular e no balanço cátion-ânion (VITTI et al. 2006).

### 4.3 Salinidade

Em várias partes do mundo a agricultura está enfrentando um sério problema de disponibilidade de recursos hídricos adequados, forçando muitos agricultores a utilizarem água com concentração de sais relativamente alta para a irrigação das culturas (SAVVAS et al. 2007). Em muitas áreas de produção agrícola o uso de água de baixa qualidade na irrigação, excessivas doses de fertilizantes e solos com problemas de drenagem, são as maiores causas dos problemas de salinidade dos solos cultivados.

A agricultura mundial nas últimas décadas vem sofrendo com esse processo de salinização dos solos, um problema eco-ambiental que reduz acentuadamente a produção de alimentos. Aproximadamente, 20% das terras agrícolas irrigadas são adversamente afetadas pela salinidade, que é um dos principais estresses abióticos que limitam o crescimento das plantas (CHINNUSAMY et al., 2005).

Embora a salinidade venha afetando negativamente a agricultura durante muitos anos, o reconhecimento de que o solo afetado por sais pode ser usado para a agricultura é relativamente recente. Interesse no uso dos recursos do solo salino tem aumentado ao

longo dos últimos 20 anos, com um foco renovado na agricultura salina em uma série de países, incluindo Paquistão (POWELL, 2004; ROBBINS, 2004) e no Oriente Médio e Norte da África (ICBA, 2006), e no Brasil (GHEYI, et al. 2010).

No mundo, estima-se que 20% das terras irrigadas (46 milhões de hectares) e 2,1% das áreas cultivadas não irrigadas (32 milhões de hectares) estejam afetadas pelos sais. A salinização dos solos é particularmente evidente nas regiões áridas e semiáridas, atingindo cerca de 25% das áreas irrigadas. Atualmente, estima-se que ocorra uma perda de cerca de 1,5 milhões de hectares de terras aráveis a cada ano devido ao acúmulo de sais. Dessa forma, a salinização tem sido identificada como o principal processo de degradação dos solos (FAO, 2006).

No Brasil, embora a informação sobre as áreas salinas não esteja bem definida, estima-se que 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentem problemas de salinização (FAO, 2006). Este problema é mais conspícuo na região Nordeste, a qual possui uma área de 155 milhões de hectares, sendo que 52% dessa superfície é semiárida. Segundo Bezerra (2006) vários Perímetros Irrigados na região Nordeste já apresentam sérios problemas de salinidade. Corroborando com este estudo, Caitano (2012) afirma que 5% da área no Estado do Ceará apresenta grande risco de salinidade.

É de conhecimento comum que a irrigação desempenha um papel importante no crescimento e desenvolvimento das plantas, que se torna essencial para o desenvolvimento da agricultura, principalmente, em regiões semiáridas. No entanto, se não for gerida corretamente, a irrigação pode ocasionar a salinização dos solos, alterando negativamente as suas propriedades físicas e químicas (GARCIA et al, 2008).

A salinização consiste na acumulação no solo de sais solúveis em água. Estes sais contêm os íons potássio ( $K^+$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), carbonato ( $CO_3^{2-}$ ), bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) e sódio ( $Na^+$ ). Os sais dissolvem-se e circulam com a água, quando esta se evapora, deposita os sais na forma de resíduos. Geralmente, a salinização dos solos ocorre mais frequentemente com a acumulação de dos íons ( $Na^+$  e  $Cl^-$ ) que são considerados os principais íons a prejudicar o metabolismo das plantas (OLIVEIRA, et al. 2010).

A predominância desses íons no meio de crescimento radicular pode causar toxidez quando eles se acumulam nos tecidos vegetais, acarretar mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento. Assim, deficiências de  $Ca^{2+}$  podem ser induzidas por excesso de  $Na^+$ ,

deficiências de  $K^+$  por excesso de  $Na^+$  ou  $Ca^{2+}$ , altas concentrações de  $Mg^{2+}$  podem inibir a absorção de  $K^+$  ou de  $Ca^{2+}$  (MARSCHNER, 2002) além da concentração salina alta no meio, poder afetar a absorção de nitrato ( $NO_3^-$ ) (DEBOUBA et al. 2006).

A salinidade é um dos principais fatores ambientais limitantes ao crescimento e produtividade das culturas (LV et al. 2008), uma vez que as altas concentrações de sais no solo como  $Na^+$ ,  $B$ ,  $Cl^-$ , além de reduzir o seu potencial hídrico, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (SILVA et al. 2009). Entretanto, tais efeitos dependem de muitos outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural, irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER; DAVENPORT, 2003; ASHRAF; HARRIS, 2004).

Para Lacerda et al. (2009) algumas estratégias podem ser utilizadas para minimizar os impactos negativos do aproveitamento de água salina na prática da irrigação, sendo entre elas: escolha de espécies ou cultivares mais tolerantes, utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas, mistura de águas de diferentes qualidades, uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, rotação de culturas, além de diversas outras práticas visando à obtenção de boa produção vegetal com controle da salinização/sodificação do solo.

Nesse sentido, foram instalados ensaios experimentais de campo durante oito anos irrigando com água salina, Ma et al. (2008) observou que o uso dessa água modificou a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEe) na camada superficial do solo (0 até 1,0 m) a ser maior e mais variável do que o subsolo (1,0 a 1,8 m) onde a profundidade máxima do solo para o qual os sais foram lixiviados durante a estação chuvosa foi de cerca de 1,5 m.

Também, estudos de campo na planície norte da China mostraram que a irrigação com água salobra aumentou significativamente o teor de sal em diferentes camadas desde a superficial do solo até 1,0 m de profundidade em apenas um ano e, o mulching afetou a distribuição vertical de sal nas parcelas de irrigação com água salina. Mostrando que cobertura morta pode reduzir o risco de salinidade do solo e aumentar o rendimento das culturas (HUAN, et al. 2010).

Feitosa et al. (2010) avaliou a condutividade elétrica (CEa) e a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, em função da prática da irrigação e da precipitação pluviométrica num Argissolo Vermelho Amarelo, de textura franco argilo arenosa, no período de setembro de 2004 a dezembro de 2008, sendo cultivado sorgo e feijão-de-

corda e milho, irrigados nas estações seca com água de condutividade elétrica (CE) variando de 0,8 a 5,8 dS m<sup>-1</sup> e, observou que aplicação de águas salinas provocou aumento da salinidade e do percentual de sódio total do solo ao final das estações secas, porém, estações chuvosas promoveram lavagem do excesso de sais do perfil do solo, reduzindo a salinidade e a sodicidade, ao longo do tempo. Também, Bezerra et al. (2008) no mesmo estudo verificou que a prática da irrigação provocou acúmulo de íons sódio no solo, notadamente quando se utilizou água salina, sendo efeito foi revertido em grande parte pelos totais de chuvas na região.

Várias pesquisas têm demonstrado que as culturas respondem diferentemente à salinidade. Algumas produzem rendimentos economicamente aceitáveis sob altos níveis de salinidade, enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos (MITTOVA et al. 2002; CARUSO; VILLARI, 2004; RUBIO et al.2009; AL-KARAKI et al. 2009). Portanto, os efeitos negativos da irrigação com água salina em oleaginosas têm sido observado por vários autores na literatura científica (BLANCO et al. 2007; CORREIA et al. 2009; SILVA et al. 2009), inclusive na cultura do girassol (DI CATERINA, 2007; SILVA. et al. 2009; NOBRE et al. 2010).

Segundo Munns (2002), plantas de girassol cultivadas em condições de salinidade apresentam alterações nos parâmetros de crescimento das plantas em virtude dos efeitos do potencial osmótico e dos teores elevados de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> na solução do solo, resultando em desordens nutricionais. Recentemente, Chen et al. (2009) reportaram salinidade limiar de 5,3 dS m<sup>-1</sup>, diminuição linear de 4,5 a 5,5% na produção do girassol para cada acréscimo unitário na salinidade do solo e, corroborando com isso, Katerji et al. (2000) classifica o girassol como tolerante à salinidade.

Estrada e González (2010) estudando o girassol cv. Vitória, em Montecillo, no México, utilizando água de baixa (5 dS m<sup>-1</sup>), média (7 dS m<sup>-1</sup>) e alta salinidade (11 dS m<sup>-1</sup>), verificou que produção de matéria seca nos órgãos da planta e o rendimento diminuiram com o aumento da salinidade.

Na tentativa de estudar os efeitos e estratégias de irrigação por gotejamento utilizando água salina no girassol (CHEN, et al. 2009) observaram que a quantidade de água aplicada torna-se menos disponível para as plantas à medida que aumenta o nível de salinidade da água de irrigação. Também a altura da planta e o rendimento diminuem com o aumento de salinidade da água de irrigação. O rendimento diminui em 1,8% para cada aumento de 1,0 dS m<sup>-1</sup> no nível de salinidade da água de irrigação e uso eficiente

da água de irrigação (IWUE) diminui com a elevação da salinidade da água de irrigação.

Em plantas de girassol irrigadas com água do mar diluída e ajustada para três níveis de condutividade elétrica: 3, 8 e 13 dS m<sup>-1</sup>, observaram que à medida que aumentou a concentração da água salina, nas condições experimentais, notavelmente, foi afetada a taxa de evapotranspiração, umidade do solo, acúmulo de sal e a produção de biomassa vegetal (AL-BUSAIDI et. al., 2007). Também, (GENGMAO et al. 2010) em estudos na região de Laizhou (China) no período de 2004 a 2005, avaliaram a viabilidade da mistura de água salina com água residual (aquicultura) para a irrigação do girassol, foi observado que houve uma redução da biomassa seca da cultura quando irrigado com água salina (aquicultura) comparada ao uso de água doce em cultivo de sequeiro.

Nesse mesmo contexto, o girassol sendo cultivado em ambas as condições de campo aberto em vasos no sul da Itália, e irrigadas com água com condutividade elétrica variando entre 0,9 e 15,6 dS m<sup>-1</sup>, observaram uma redução de 19% na expansão da área foliar, enquanto não foi observada correlação entre Cl<sup>-</sup> e condutância estomática (gs) variando entre 0,76 e 1,35 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, a taxa de assimilação, a condutância estomática ao CO<sub>2</sub> e a sensibilidade de uma variação de carbono interno (Ci) não foram significativamente influenciados pela salinidade (STEDUTO et al. 2000).

Na tentativa de investigar o efeito dos sais nos parâmetros fisiológicos do girassol, foram preparadas águas com proporções de NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Foi verificado que o crescimento do girassol, taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> diminuíram com o aumento da salinidade, porém, os parâmetros de fluorescência não apresentaram diferenças significativas, sob estresse salino. No entanto, a máxima eficiência do fotosistema II fotoquímica, a taxa de transporte de elétrons, e eficiência PSII real diminuiu significativamente, mas não fotoquímico aumentou substancialmente sob estresse salino-alcálico. Indicando que o girassol sob condições de estresse salino acumulado, em vez de sintetizar compostos orgânicos, ela diminui o potencial hídrico da célula, a fim de economizar o consumo de energia. (LIU; SHI, 2010).

Deng et al. (2003) observaram que a palha de milho (mulching) pode reter água da chuva, dificultando o escoamento e evaporação de água, evitando a salinização do solo, promover a lixiviação dos sais pela água da chuva e disponibilizar nitrogênio para solo através de sua decomposição. Além disso, quando usou cobertura com palha de

milho de cinco cm de espessura, a produção de girassol foi maior do que quando usou três centímetros de espessura com palha de milho e filme plástico.

#### 4.4 Nitrogênio

A nutrição mineral é um importante fator para o desempenho das plantas, sendo o nitrogênio (N) um dos macronutrientes exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas. Esta alta dependência ocorre devido às funções do N no metabolismo das plantas, participando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas. O N tem como principal fonte no solo o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo esta mais abundante do que o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em torno das raízes. Entretanto, a solução do solo frequentemente apresenta baixas concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , o que limita o crescimento das plantas (FLORES et al. 2002; TAIZ, ZEIGER; 2006).

Para Biscaro et al. (2008) o N desempenha importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol, e a sua deficiência causa uma desordem nutricional, sendo que esse nutriente é o que mais limita a sua produção, enquanto seu excesso ocasiona decréscimo na percentagem de óleo. Santos et al. (2002) estudou o comportamento de cultivares de girassol em diferentes condições de umidade e adubação nitrogenada e, constatou 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.

Reforçando que tal efeito pode ser atribuído às funções do nitrogênio nas plantas, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, prolina, entre outros. Estudos têm demonstrado que o acúmulo de 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).

Assim, Castro e Oliveira (2005) relatam que o N é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, o qual absorve 41 kg de N para cada megagrama de grãos produzidos, podendo ser tanto a partir da adubação quanto através de restos culturais, onde fica 56% do total absorvido.

Carvalho e Pissaia (2002) avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0 a  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) em cobertura no cultivo do girassol em sistema plantio direto não constataram efeito significativo da adubação sobre o rendimento de grãos, no índice de

colheita e teor de óleo nos aquênios. No entanto, Biscaro et al. (2008) encontraram resultados diferentes ao estudarem a aplicação parcelada de nitrogênio em cobertura (0 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) sobre a cultura do girassol em condição de campo, onde obtiveram incremento do número de folhas, altura da planta, diâmetro caulinar e variáveis de produção, sendo a dose de 55 kg ha<sup>-1</sup> de N a máxima eficiência para produção.

Investigando a influência de níveis de sais e doses de nitrogênio no girassol cv. Embrapa 122/V-2000, em região semiárida de Campina Grande, constataram que o aumento da salinidade promoveu redução na altura de planta, no diâmetro caulinar, na fitomassa seca da parte aérea, além de retardar o início do florescimento das plantas.

Também Oliveira et al, (2010), utilizando águas com diferentes condutividades elétricas no cultivo do girassol, adubado com diferentes fontes de nitrogênio, observaram que o desenvolvimento vegetativo do girassol foi mais afetado à medida que aumentou a concentração de sais na água, apresentando um comportamento linear, sendo também influenciado pelas fontes de nitrogênio, pois a aplicação de sulfato de amônio favoreceu o maior desenvolvimento foliar.

Portanto, atenção especial deve ser dada à escolha da fonte de nitrogênio, pois cada fertilizante apresenta um índice salino, principalmente, quando o uso de água salina é inevitável. A maioria das fontes de nitrogênio disponíveis no mercado são sais, podendo aumentar a condutividade elétrica do solo (SANGOI et al. 2009). O alto teor de sais se acumula na zona da raiz afetando a evapotranspiração (ET), pois a lixiviação destes sais, após o período de pousio, resultou na lavagem de nitrato que tinha acumulado na zona de raiz, devido à mineralização contínua de N orgânico no solo (SEGAL et al. 2010).

Outro fator que favorece a absorção de N pelas plantas são as formas de aplicação do nitrogênio. Ivanoff et al. (2009) utilizaram quatro formas de aplicação de N em três cultivares de girassol e, constataram que o efeito varietal e a forma de aplicação exerce função diferente no desenvolvimento da cultura e nos componentes de produção do girassol.

Assim, pesquisas indicam que altas concentrações de N na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e o aumento na produtividade de grãos (SILVA et al. 2005). Para a cultura do girassol poucas informações são disponíveis acerca desse manejo, tendo sido relatado aumento em produtividade de aquênios com a utilização do parcelamento da dose de cobertura em 15, 30 e 45 dias após a emergência (BISCARO et al. 2008).

Ensaio de campo de quatro anos indicaram aumento no rendimento (produção de óleo de semente e de proteína), confirmando a necessidade do uso de genótipos de girassol recomendados e ajustar as taxas de fertilizantes nitrogenados para as culturas, especialmente em ambientes semiáridos, onde as condições meteorológicas são imprevisíveis.(GIORGIO, et al. 2007).

Alguns estudos indicam que a concentração de N assim como a composição bioquímica dos resíduos culturais são fatores determinantes para a mineralização ou imobilização do elemento no solo (GLASENER et al. 2002, MARQUEZ et al. 2000). A utilização de leguminosas em sistemas de rotação de culturas é uma estratégia que deve ser considerada quanto ao seu efeito no aumento do N no solo (DIEKOW et al. 2005, LOVATO et al. 2004, SISTI et al. 2004).

A permanência dos resíduos culturais em superfície, a rotação de culturas e o não-revolvimento do solo favorecem a proteção física da matéria orgânica do solo com a formação de agregados que ocasionam o aumento dos estoques de C e N no solo (SÁ et al. 2001). Estudos de BAYER et al. (2000) e DIEKOW et al. (2005) mostraram aumento nas quantidades de C e N significativos nas camadas superficiais do solo nos anos iniciais do SPD, mas com o tempo de manejo os estoques aumentaram nas camadas mais profundas. Sendo a rotação de culturas uma estratégia para disponibilizar N no sistema agrícola com culturas de elevado aporte de resíduos vegetais, promover a elevação da MOS, com acúmulo de C e N no solo, aumentar as taxas de mineralização (AMADO et al . 2001).

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos, nos últimos anos, a produção de fertilizantes expandiu 35,5%, enquanto, as importações de fertilizantes tiveram crescimento ainda mais expressivo, de 140,5%, totalizando 17,52 milhões de Megagramas em 2007. Em relação ao nitrogênio, a importação atinge 70% e o País poderia aumentar sua produção a partir das reservas de gás natural recentemente descobertas. Entretanto, questões atuais como o preço do gás e a tendência de utilização preferencial desse recurso como fonte energética comprometem o seu aproveitamento pelo setor de fertilizantes (REIS, 2012).

Com isso, a alta dependência da importação traz o risco de, no futuro, enfrentarmos escassez de insumos básicos. Isso ocorre porque países produtores de fertilizantes, como China, Índia e EUA, são também grandes consumidores. Com o aumento de suas demandas internas, esses países tendem a limitar suas exportações, reduzindo a oferta mundial. O governo chinês já anunciou o aumento de taxas de

exportação de alguns produtos visando a assegurar a oferta de fertilizantes para a sua produção de alimentos (REIS, 2012). Com isso, ressalta a necessidade de adesão de sistemas de cultivo que necessite cada vez menos de fertilizantes sintéticos, como é o caso de cultivo rotacional.

#### **4.5 Rotação de cultura**

A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área. As culturas componentes de um sistema de cultivo rotacional devem atender ao maior número possível dos seguintes princípios: produzir quantidade suficiente de fitomassa da parte aérea e raízes visando o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS), formação de cobertura morta para controlar os processos erosivos, diminuir as oscilações de temperatura, reduzir as perdas de água por evaporação, capacidade de aproveitamento de nutrientes diferenciadas (leguminosas e gramíneas, por exemplo) (FRANCHINI et al. 2011)

Esse conjunto de benefícios potenciais da rotação de culturas contribui para aumentar a produtividade das culturas e a estabilidade da produção face à ocorrência de estresses bióticos e abióticos (como a salinidade), e ainda racionalizar a utilização de insumos como nitrogênio. O aumento da diversidade biológica contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes, à fixação biológica de N, à diversificação da flora de plantas daninhas, à redução na ocorrência de pragas, ao aumento da cobertura do solo e ao trabalho realizado pelo sistema radicular das espécies, reduzindo o grau de compactação do solo em sistemas intensivos, diminuindo a evaporação da água no solo. (CECCON, 2008).

Resultados de pesquisa obtidos em estudos conduzidos em diversas regiões do Estado do Paraná demonstra que, em longo prazo, os benefícios da rotação de culturas com leguminosas sobre a qualidade física, química e biológica do solo, resultam em aumentos na produtividade de todas as culturas econômicas envolvidas no sistema de produção. Além disso, a utilização de diferentes espécies vegetais para produção de grãos e/ou forragem permite a diversificação da renda da propriedade, reduzindo os riscos de mercado e de clima inerentes à produção agropecuária (BROWN et al. 2008).

Também é importante destacar a importância do N para o aumento dos estoques de MOS no solo (FRANCHINI et al. 2007; BODDEY et al. 2010). Isso ocorre porque o

N desempenha papel fundamental para o aumento das adições de fitomassa ao solo, principalmente, quando se trata de espécies gramíneas. Do ponto de vista energético e ambiental, a melhor forma de aportar N aos sistemas produtivos é através da introdução de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas.

Desta forma, o adequado planejamento da rotação de culturas permite a utilização de espécies vegetais caracterizadas por sistemas radiculares capazes de atingir diferentes profundidades, o que proporciona o aproveitamento de nutrientes armazenados em diferentes camadas no perfil do solo. A rotação de culturas possibilita ainda a combinação e/ou alternância de plantas com diferentes exigências nutricionais e habilidades na absorção de nutrientes.

Assim, a rotação de culturas também influencia na eficiência de extração e utilização dos nutrientes aplicados na forma de fertilizantes. A eficiência de extração do P aplicado por meio de fertilização química, em área manejada sob sistema de plantio direto (SPD) há 22 anos, é maior na rotação comparativamente à sucessão de culturas. Embora a rotação tenha proporcionado um pequeno aumento na eficiência de extração de P pela soja e pelo trigo, principalmente em função da maior produtividade dessas culturas, o grande responsável pela maior eficiência da rotação foi à inclusão, nesse sistema, da cultura do milho (GAZZIERO et al, 2010).

Estudos com cultura da soja apresentam respostas positivas à rotação de culturas, particularmente quando cultivada no verão subsequente ao cultivo de milho de verão. Considerando a produtividade média da soja no sistema de rotação com milho em relação à observada na sucessão com trigo, o ganho acumulado na produtividade da oleaginosa corresponde a 17%. Os efeitos positivos da rotação de culturas sobre a produtividade da soja podem ser atribuídos à recuperação da qualidade do solo devido a maior produção de fitomassa da parte aérea e raízes pelas culturas da aveia e do milho, e ao fornecimento adicional de N ao sistema pela leguminosa antecedendo ao milho. A cultura do milho é importante para compor os sistemas de rotação de culturas, tanto no cultivo de verão, quanto no de segunda safra. No caso do milho de verão, os resultados de pesquisa obtidos em Campo Mourão/PR comprovam que a cultura responde de modo significativo às espécies vegetais de outono-inverno que o antecedem (FRANCHINI et al. 2009).

O milho apresenta melhor desenvolvimento inicial quando cultivado sobre a palhada de plantas de cobertura com capacidade de fixar N, como a ervilhaca, quando comparado à palhada de gramíneas. Entre as gramíneas, a aveia, por ser uma planta de

cobertura com manejo no estágio de grão leitoso, quando a palhada ainda não se encontra totalmente lignificada, e apresentar menor imobilização de N durante sua decomposição, resultou em melhor desenvolvimento do milho do que o observado sobre a palhada de milho safrinha e trigo (HUNGRIA et al, 2009).

Resultados de pesquisa comprovam que a rotação de culturas é uma prática viável para a sustentabilidade da produção agrícola. Porém, é necessário que a assistência técnica e os produtores tratem a rotação de culturas como um investimento na propriedade, cujo retorno irá ocorrer a médio e longo prazo. Do mesmo modo, é importante levar em consideração que os benefícios da rotação de culturas não se limitam ao aumento da produtividade, mas envolvem também a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, bem como a redução da demanda de fertilizantes químicos (PERREIRA et al, 2007)

O girassol também é indicado como boa alternativa no sistema de rotação e sucessão de cultivo sendo excelente recicladora de nutrientes já que possui um sistema radicular axial profundo que disponibiliza grande parte do fósforo e potássio para a cultura sucessora - e promotora de colonização micorrízica, proporcionando ganhos expressivos de produtividade nas culturas que lhe seguem: soja após girassol teve aumento de 15%, e milho após girassol teve aumento de 30% (MORGADO et al. 2002). Entretanto, um dos maiores desafios dos produtores rurais tem sido reduzir os custos de produção, aumentar sua receita e melhorar os índices de eficiência técnica e econômica, enfim, aumentar a lucratividade de seu negócio.

Nos últimos quinze anos a área de grãos, no Brasil, aumentou 27%, enquanto a produção de grãos teve um aumento de 94%. Para incrementar a eficiência técnica e econômica da produção de culturas como girassol e milho, é fundamental que se identifiquem sistemas de manejo compatíveis com as condições climáticas, edáficas, fundiárias e econômicas de cada região. Além disso, é necessário adequar-se às peculiaridades da cultivar e do sistema de manejo adotado. As avaliações técnica e econômica de diferentes sistemas de manejo possibilitam a identificação dos fatores limitantes ao incremento do rendimento de grãos e da rentabilidade da cultura (SANGOI et al. 2006).

Nesse sentido estudos tem mostrado que a dose de nitrogênio que proporciona maior lucro na cultura de milho depende da cultura antecessora e, ainda, as culturas antecessoras que disponibilizam mais nitrogênio proporcionam maior lucro na cultura de milho, com menor utilização de insumos. (FRANCHINI et al. 2007). Em estudos

durante 13 anos foi observado que a rotação de cultura (soja, trigo e milho) causou efeito positivo em algumas características químicas do solo e um aumento de rendimento médio das culturas em 10,3% (MURTAZA et al, 2006).

A disponibilidade de N no solo para as plantas é controlada basicamente pela decomposição da matéria orgânica e por adubações nitrogenadas, sendo que, quando são utilizadas culturas com baixa relação C:N na matéria seca, em rotação, a decomposição e a mineralização é mais rápida e a ciclagem do N ocorre em curto espaço de tempo, como ocorre com as leguminosas. Também deve ser considerado que, as perdas de N no solo são altas, principalmente por lixiviação, na forma de nitrato, pois este nutriente não forma ligações fortes com as cargas permanentes do solo suficientes para reter o nitrato nas camadas de exploração radicular (PAVINATO; GIROTTI; MOREIRA, 2008).

Existe uma ampla aceitação em alguns países de que os sistemas convencionais não são ambientalmente sustentáveis. Assim, devido ao manejo inadequado da irrigação e fertilização, tem aumentado o teor de alguns íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  contribuindo para a salinização das terras agrícolas. Consequentemente, um grande esforço está sendo dedicado ao desenvolvimento de novas práticas agrícolas e sistemas que são menos prejudiciais ao meio ambiente. A busca de soluções para a degradação do solo em grande parte concentrada na melhoria das práticas agronômicas, mas uma rápida expansão da área plantada de terras agrícolas com rotação de culturas pode ser uma estratégia para retardar as tendências atuais na salinização secundária. (ANON, 2000a).

Embora existam espécies que crescem bem em condições salinas, a maioria das culturas são sensíveis ao excesso de sais no solo. Neste sentido, o uso da rotação de culturas pode ser uma alternativa para regiões semiáridas (MURTAZA et al, 2006).

Esta estratégia parece promissora para as culturas anuais, principalmente para o solo de boa drenagem ou que está associada com outras estratégias que promovam a lixiviação, e pode contribuir para aumentar a eficiência do uso da terra e conservação do solo. Assim, é possível utilizar água salina na estação seca e água da chuva durante a estação chuvosa, sem alterar significativamente o meio ambiente (MURTAZA et al. 2006). O acúmulo de sais durante a irrigação de culturas na estação seca pode ser revertida, total ou parcialmente, durante a estação chuvosa, considerando que este processo de lavagem depende da precipitação total anual, a intensidade de chuvas e as propriedades físicas do solo.

Por outro lado, o conhecimento e a mensuração dos fatores que interferem no rendimento de grãos, nos diferentes níveis e sistemas produtivos, poderão ajudar a traçar estratégias de manejo e indicações viáveis para minimizar ou superar as deficiências verificadas em cada nível de manejo adotado. Com isso, o produtor pode otimizar seus recursos e maximizar sua renda, causando menos impacto ao meio ambiente (FORSTHOFER et al. (2006)

#### **4.6 Análise econômica**

Estudo de viabilidade econômica e financeira é uma ferramenta essencial para assessorar na decisão de uma ideia de criação e/ou com um projeto de investimento, em qualquer atividade econômica existente. Este irá permitir analisar a viabilidade do projeto e detectar os ajustamentos necessários ao sucesso do seu empreendimento.

Portanto, na exploração da atividade agrícola o produtor rural pode decidir sobre a escolha da tecnologia a ser utilizada no processo de produção a qual é determinada pelos fatores, e pela escolha de insumos utilizados e suas respectivas quantidades (AGUIAR, 2005).

Segundo Potter et al, (2000), a maioria dos trabalhos científicos não avalia a viabilidade econômica das tecnologias estudadas, havendo pouca informação sobre seus benefícios na lucratividade dos sistemas de produção. Para se avaliar um projeto é fundamental calcular corretamente o seu fluxo de benefícios e custos, sendo importante considerar que o fluxo relevante para calcular os indicadores é o dos benefícios e dos custos do projeto, ou seja, o fluxo derivado das diferenças positivas e negativas entre a situação otimizada com e sem o projeto (BOTTEON; FERRÁ, 2005).

Conforme Bernardo et al (2005), na agricultura irrigada, o fator água deve ser otimizado, permitindo também uma melhor utilização dos demais fatores de produção e, por consequência, a obtenção de maiores produtividades com uma melhor aplicação dos demais insumos. Segundo Frizzone e Andrade Júnior (2005) vários fatores referentes ao solo, planta e atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade da cultura, havendo uma relação funcional entre esses fatores e a produção da cultura.

Para uma análise econômica é necessário fazer estimativas de todas as entradas e saídas, ou seja; todos os custos envolvidos no investimento inicial, operação e manutenção, como também as receitas geradas durante um determinado período de tempo. Desse modo obtém-se o fluxo de caixa financeiro relativo à atividade,

permitindo o cálculo dos indicadores econômicos obtidos com o empreendimento. Alguns dos principais indicadores são: a relação benefício/custo (B/C), TIR- Taxa interna de retorno (TIR); Tempo de retorno de capital (TRC); Valor presente líquido (VPL) e o período “payback” (SARTORI, 2007).

O critério de decisão é que o investimento será considerado viável se a relação benefício/custo  $(B/C) > 1$ . Assim, quanto maior a relação benefício/custo, mais viável tende a ser o investimento, e, conseqüentemente, mais estável este investimento se apresenta às oscilações da taxa de juros de mercado.

De acordo com Souza (2003), “considera-se o valor presente líquido (VPL) como subsídio ao processo decisório porque esse indicador é extremamente importante no processo de análise de projetos de investimentos de capital”. Assim, o projeto será aceito caso o valor presente líquido (VPL) seja positivo, considerando determinada taxa de juros, e será rejeitado se o (VPL) for negativo.

Para verificar até que ponto um projeto de investimento é de fato rentável, passa necessariamente pela análise da taxa interna de retorno comparada à taxa mínima de atratividade. A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa, ou seja é a taxa de atualização do projeto que dá o VPL nulo. Se a TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade, significa que o investimento é economicamente atrativo, se igual o investimento está economicamente numa situação de indiferença, mas, se for menor, o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno.

O uso da técnica de rotação de culturas que vem sendo bastante utilizada tem demonstrado alguns benefícios, entre eles, a rentabilidade econômica. Muitos estudos anteriores se concentraram em sistemas de preparo ou rotação de culturas, poucos têm avaliado uma combinação dos dois (rotações de culturas e plantio direto), especialmente a partir de uma perspectiva da economia (MARTIN; HANKS, 2009).

Nesse sentido, estudos de campo foram conduzidos na Stoneville, MS, no período de cinco anos, onde foram realizados ensaios experimentais incluído diferentes arranjos com rotação de culturas e plantio direto com as culturas de milho e algodão, de forma que os resultados obtidos revelaram que a produção de algodão foi aumentada em todos os quatro sistemas de rotação com o milho e, os retornos líquidos foram maiores em um sistema que incluía cultivo mínimo e uma rotação de milho (MARTIN; HANKS, 2009).

O recente interesse na produção de etanol como resultado de altos preços do petróleo tem levado muitos produtores a considerar o milho como uma cultura alternativa. Assim, Martin et al. (2002) observam que a oleaginosa (algodão) produzida no primeiro ano depois de uma safra de milho aumentou seu rendimento produtivo em 12% em relação ao algodão em cultivo contínuo, e um aumento de 6% na produção de algodão no segundo ano depois de uma safra de milho, obtendo maior retorno econômico mesmo dois anos após o cultivo de milho.

Também, estudos com seis sistemas de preparo de culturas de rotação foram avaliados com base em retornos líquidos e de risco ao longo de um período de seis anos, foi verificado que a produção do algodoeiro foi aumentada em todos os quatro sistemas de rotação com o milho, em comparação com algodão em monocultivo, sendo que o menor risco de investimento foi associado ao algodão em rotação com o milho (MARTIN; HANKS, 2009).

Em Hyderabad, na Índia, foi realizado estudo durante seis anos com rotação de culturas como girassol, amendoim, sorgo, guandu e mamona adubados com 100% da recomendação ( $75: 90: 30 \text{ kg N: P}_2\text{O}_5: \text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ ), resultando em maior produtividade das culturas com exceção do amendoim, onde seu máximo rendimento foi com 50% da adubação. Porém, os maiores retornos líquidos ocorreu no cultivo de girassol seguido por amendoim (REDDY; BABU, 2003)

Yokoyama et al. 2002 verificaram através da relação benefício/custo operacional (B/CO) a viabilidade econômica de três sistemas de preparo de solo (utilizando arado aiveca, gradagem simples e plantio direto) para a cultura do milho no Estado de Goiás e verificaram que o sistema economicamente mais viável foi o sistema de preparo de solo utilizando arado de aiveca, que apesar de ser o sistema mais oneroso, apresentou maior relação B/CO (2,03) enquanto que nos sistemas de aração a relação B/CO foi de 1,94 e plantio direto de 1,97.

O custo de oportunidade é um valor atribuído à melhor oportunidade existente para cada fator considerado no processo produtivo, pois parte-se do pressuposto de que quando se aplica o capital em um processo produtivo deixa-se de fazê-lo em pelo menos um outro processo produtivo (VARIAN, 2003).

Outro estudo durante seis anos comparando dois sistemas de rotação de cultura em condições de sequeiro no sul do Marmara, Turquia, demonstrou que os melhores resultados de rendimento da cultura, fertilidade do solo e aspectos econômicos, foram

obtidos quando foi cultivado o girassol, trigo e colza como cultivo principal, nos três anos (DOGAN et al. 2008).

Analisando a viabilidade técnica-econômica do girassol no período safrinha em duas situações distintas, irrigada e em sequeiro, verificaram que lavoura irrigada apresentou maior eficiência técnica, uma vez que a produtividade média foi de 2863,1 kg ha<sup>-1</sup> (522,1 mm) obtendo maior retorno econômico comparado a situação não irrigada foi de 1924,3 kg ha<sup>-1</sup> (117,2 mm) (SILVA et al. 2007)

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.
- BEZERRA, A. K. P.; NEVES, A.L.R.; VIEIRA, M. R.; SOUSA, G, G. de.; LACERDA, C. F.; FERNANDEZ, F. F.F. Acúmulo e lixiviação de Na<sup>+</sup> no solo em função da irrigação e da precipitação na região de Fortaleza, Ceará. **Simpósio Brasileiro de Salinidade**, 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 Cassilândia-MS. **Ci. Agrotec.**, 32:1366-1373, 2008.
- BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H.P.; DENARDIN, J.E. ; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. ; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero- till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, p. 784-795, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CARUSO, G.; VILLARI, G. Effect of EC-level and plant shading on the NFT-grown “Friariello Pepper”. **Acta Horticulturae**, v.659, p.576-585, 2004.
- CASTRO, C. Produção de alimentos x energia: estudo de caso do óleo do girassol. **EMBRAPA Soja**. Londrina-PR. 2007.
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina, CNPSO, 2005. p. 163-210.
- CHEN, M.; KANG, Y., WAN S.; LIU, S. Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agricultural Water Management**, v.96, p.1766-1772, 2009.
- COELHO, A. M. Nutrição e adubação do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 78**. Sete Lagoas, MG, Dezembro, 2006.

DOGAN, R.; GOKSOY, T. A.; YAGDI, K.; TURAN, M. Z. Comparison of the effects of different crop rotation systems on winter wheat and sunflower under rainfed conditions. **African Journal of Biotechnology**. Vol. 7, 22, pp. 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Rome: FAO, 1979. 212 p. (Riego y Drenaje, 33).

EMBRAPA SOJA. **Girassol no Brasil. Londrina-PR, 2005, 641p.**

ESTRADA, J.A. E.; GONZÁLEZ, M.T.R. Sunflower biomass distribution and seed yield in saline soil of Mexico highlands. **HELIA**, 33, n.52, p. 127-134, 2010.

FAO. Water in agriculture: opportunity untapped. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2006.

FEITOSA, H. de O.; LACERDA, C. F. de.; NEVES, A. L.R.; SOUSA, G. G.; REGIS, M. R.; BEZERRA, A. K. P. Variação da condutividade elétrica e da percentagem de sódio total em função da irrigação e precipitação. **Simpósio Brasileiro de Salinidade**, 2010, Fortaleza, CE.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da.; DEBIASE, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná, **Embrapa Soja**, 2011.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. Manejo do solo. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (**Embrapa Soja. Documentos, 314**).

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E.F.; MORAES, W.B.; NAZÁRIO, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.39, n.1, p.7-18, 2008.

GHEYI, H. R; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudo básico e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010.**

HASAN, F., AHMAD, R. A. Effects of seasonal variations on oil and fatty acid profile of sunflower. **Helia**. v.26, p. 159–166, 2003

HUAN, C. P.; YU, Y. L.; JIN, S. Y.; YE.; S. L. Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 12, 15, 1971-1977, 2010.

IPECE. Instituto de pesquisa e estratégias econômica do Ceará. Anuário estatístico do Ceará, Atividades econômica-agropecuária. 2008. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>> acesso em: 22 jun. 2012.

IVANOFF, M.E.A.; **Desempenho de cultivares de girassol em função do manejo da adubação nitrogenada e potássica em condições edafoclimáticas na savana de Boa Vista em Roraima Boa Vista**, 2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-graduação em Agronomia.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural Water Management**, v.43, p.99-109. 2000.

KÖPPEN, N.W. **Climatologia: Com um estudo de los climas de la tierra. Mexico, Fondo de Cultura Económica**, 1948. 478 p.

LACERDA, C. F. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 02, p. 221-230, 2009.

LACERDA, C. F.; CABRAIA, J.; CANO, A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p.107-120, 2003.

LIU, J.; SHI, D. C. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, inorganic ion and organic acid accumulations of sunflower in responses to salt and salt-alkaline mixed stress. **Photosynthetica**. v.48, n. 1, p.127-134, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997.319p.

Ministério de Minas e Energia (MME). 2009. Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 6, de 16 set de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 out. 2009. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?data=26/10/2009&jornal=1&pagina=99&totalArquivos=120>> Acesso em: maio/2012.

- MORGADO, L. N. 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.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, n. 2, p.239-250, 2002.
- MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v.81, p.98-114, 2006.
- NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R. M. M.; 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.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. L.; ANDREDE, L. O. de.; Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, jul-set, 2010.
- NOBRE, R. G.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. L.; ANDREDE, L. O. Vigor do girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes qualidades de água. **Educação Agrícola Superior**, v. 23, N. 01, p. 58-60, 2008.
- OLIVEIRA, A. B. de, GOMES FILHO, E.; ENÉAS FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v.6, n.11, p 449-484, 2010.
- PAVINATO, P. S.; GIROTTO, C. A. C.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: Análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v.38, n.2, mar-abr, 2008.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, n.3, p.324-349. 2005.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M. & MARSHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117p. (Estudos da FAO - Irrigação e Drenagem, 48).

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; BIANCHET, P. Desenvolvimento inicial do milho em função de doses e fontes de nitrogênio aplicadas na semeadura. **Biotemas**, v.22, n.4, p.53-58, 2009.

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.

SAVVAS, D.; STAMATIB, E.; TSIROGIANNISB, I. L.; MANTZOSB, N.; BAROUCHASB, P.E; KATSOULASC, N.; KITTASC; C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, v.91, p.102-111, 2007.

SILVA, F. A. S; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software Assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009

SIMON, J. Culturas bioenergéticas: **Produção de biomassa, decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais**. Dissertação (Mestrado). Ciência Do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 719p.

UNGARO, M. R. G. Potencial da cultura do girassol como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CAMARA, G. M.; HEIFFIG, L. S. **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para o biodiesel. Piracicaba: ESALQ**, 2006. p. 57-80.

VIANA, M. M. Inventário do ciclo de vida do biodiesel etílico do óleo de girassol. **(Dissertação de Mestrado)**, Universidade de São Paulo, 2008. 223 p.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, SBCS, 2006. p.299-325.

ZABIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. Viçosa, MG. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34: 425-433, 2010.

---

**CAPÍTULO 1**  
**COMPONENTES DE PRODUÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA DA ROTAÇÃO**  
**CULTURAL GIRASSOL/MILHO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE**  
**SALINIDADE E NITROGÊNIO**

---

**RESUMO**

Objetivou-se, com este trabalho, verificar a influência da salinidade da água e adubação nitrogenada nos componentes de produção do girassol, cv. BRS 324 (fitomassa seca da folha, caule, capítulo, peso de 1000 aquênios, percentagem de sementes chochas, produtividade e potencial de produção de óleo), e milho híbrido AG1051 (Fitomassa seca da folha, caule, sabugo/palha, produtividade) e análise econômica do sistema de rotação de cultura (girassol/milho). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em parcela subdividida com cinco repetições, sendo nas parcelas os cinco níveis salinos (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>), e nas subparcelas os quatro doses nitrogenadas (0; 25; 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup> na cultura do girassol. Para a cultura do milho foi utilizado o mesmo delineamento, sendo cinco efeitos residuais dos sais (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (0; 108,5; 217 e 325,5 kg ha<sup>-1</sup>), sendo os efeitos residuais nas parcelas e as doses nitrogenadas nas subparcelas. O girassol foi cultivado nas estações secas de 2011 e 2012, utilizando-se água com diferentes salinidades e doses de N. O milho foi cultivado nas estações chuvosas de 2012 e 2013, nas mesmas parcelas usadas para o girassol, sendo avaliados o efeito residual da salinidade e diferentes doses de N. Na cultura do girassol observou-se diferenças significativas em função dos tratamentos aplicados, onde a salinidade afetou negativamente as variáveis estudadas que foram amenizados esses efeito pelo aumento da dose de nitrogênio, assim, a interação do menor nível salino com maior dosagem de nitrogênio proporcionaram melhores desempenhos nas variáveis de produção, sendo maiores as respostas no segundo ciclo. Na cultura do milho, o efeito residual apresentou pouca influencia nas variáveis estudadas, do contrário o efeito do nitrogênio que influenciou positivamente na produção da cultura. Concluí-se que o sistema de rotação de cultura juntamente com a lixiviação dos sais foram importantes na dinâmica do manejo do solo proporcionando melhores produções nas culturas de girassol e milho. O sistema de manejo apresentou viabilidade econômica até mesmo nos maiores níveis salinos desde que utilize dosagens máximas de nitrogênio.

**Palavras – chave:** *Helianthus annuus* L. *Zea mays*. Produtividade. Viabilidade econômica. Estresse salino. Nitrogênio

---

**CHAPTER 1****COMPONENTS OF PRODUCTION AND ECONOMIC ANALYSIS OF  
ROTATION CULTURAL SUNFLOWER / MAIZE UNDER DIFFERENT  
LEVELS OF NITROGEN AND SALINITY**

---

**ABSTRACT**

The objective of this work was to verify the influence of salinity and nitrogen fertilization on yield components of sunflower cv. BRS 324 (dry weight of leaf, stem, Chapter, 1000 achene weight, percentage of shriveled seeds, productivity and production potential of oil), and hybrid maize AG1051 (dry phytomass of leaf, stem, cob / straw, productivity) and economic analysis of crop rotation (sunflower / corn). The experimental design was a randomized block design in split plot (5 x 4) with five replications, five salinity levels (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 and 6,4 dS m<sup>-1</sup>) and four nitrogen doses (0, 50, 100 and 150% of recommended dose of N) in both cultures. The sunflower was grown in the dry seasons of 2011 and 2012, using water with different salinity and levels of N. The corn was grown in the rainy seasons of 2012 and 2013 on the same plots used for sunflower and evaluated the residual effect of salinity and different doses of N. In sunflower crop was observed significant differences in function of the applied treatments, where salinity adversely affected the variables that these effects were mitigated by increasing the dose of nitrogen, thus the interaction of lower salt level with highest nitrogen dose provided better performances in the production variables, with larger responses in the second cycle. In corn, the residual effect showed little influence on the variables, otherwise the effect of nitrogen positively influenced the production of culture. We conclude that the system of crop rotation along with leaching of salts were important in the dynamics of soil management providing the best productions in sunflower and corn crops. Also, the management system provides economic viability even in higher salinity levels since use maximum rate of nitrogen.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L. *Zea mays*. Productivity. Economic viability. Salt stress. nitrogen

## 1 INTRODUÇÃO

A grande variabilidade edafoclimática no Brasil reúne diversas espécies de plantas entre as oleaginosas que, nas suas mais várias formas, apresenta uma característica em comum, a matéria prima para a indústria de óleos vegetais, demandando uma produção em larga escala. No semiárido do Nordeste Brasileiro, a produção de óleo através de oleaginosas tem recebido grande destaque, e com isso tem-se buscado culturas de maior potencial energético.

O girassol, por suas particularidades como ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento de óleo, também tem sido bastante difundido, e desponta como uma opção especialmente viável para a região, haja vista ser uma espécie relativamente insensível às altas e baixas temperaturas, ser relativamente tolerante à deficiência hídrica e ser pouco influenciada pela latitude, altitude e fotoperíodo (GOMES *et al.* 2006).

Por outro lado, sabemos que na Região Nordeste, o problema da salinidade dos solos em função de manejos inadequados tem reduzido a produtividade das culturas exploradas. Assim, o uso de águas salinas na irrigação para produção vegetal é um grande desafio, sendo necessária a utilização de espécies tolerantes à salinidade e a adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação. Recentemente, outra prática, a rotação de culturas (MURTAZA *et al.* 2006; BEZERRA *et al.*, 2010; SOUSA *et al.* 2010), tem sido recomendada visando permitir o uso racional das águas existentes na região, contribuindo também para minimizar a degradação do solo.

A rotação de culturas consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. Portanto, necessita escolher espécies que devem ter, ao mesmo tempo, propósito comercial e de recuperação do solo. O exemplo disso espécies como o girassol com finalidade a produção de óleo e, a cultura do milho para produção de grãos, além da sua alta produção de matéria seca, que pode contribuir para evitar a degradação do solo.

O aumento de doses de fertilizantes, particularmente de N, tem resultado no aumento da produção em diferentes sistemas de cultivo e sob diferentes condições de solo e clima. Alguns autores acreditam que o aumento das doses de N pode aumentar a produtividade das culturas, mesmo sob condições salinas. Entretanto, estudos sobre a viabilidade econômica e sobre a eficiência de uso de N em plantas sob estresse salino são ainda escassas.

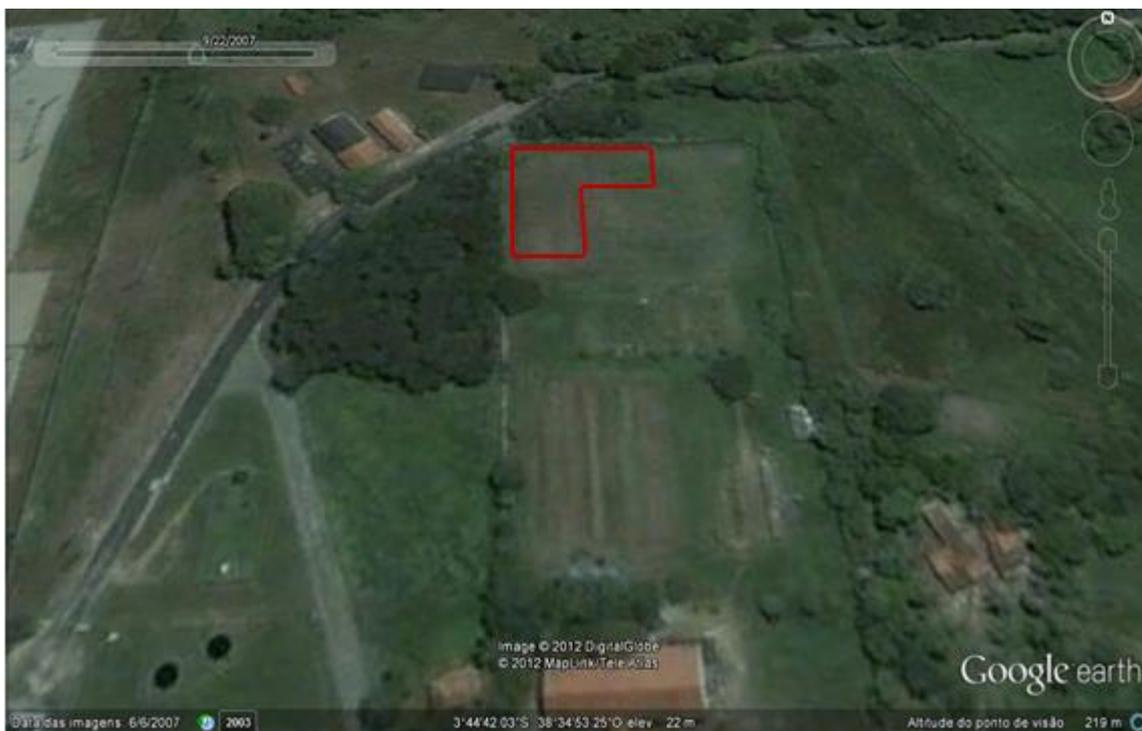
Diante do exposto, objetivou-se a avaliar os caracteres de produção e uma análise de viabilidade econômica do cultivo de girassol e milho em sistema de rotação de cultura, quando irrigado com diferentes águas salinas (período seco) e irrigação suplementar com água de boa qualidade (período chuvoso) ambas as culturas adubadas com diferentes doses nitrogenadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

Experimentos de campo foram realizados no setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza (3°45'S; 38°33'W; 20 m de altitude). A Figura 1 mostra a localização da área de estudo. O estudo teve duração de 24 meses (06/2011 a 06/2013), sendo realizados quatro ciclos de cultivo intercalados (girassol/milho/girassol/milho) com o girassol cultivado durante as estações secas e o milho nas estações chuvosas.

**Figura 1** – Localização da área experimental



De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima local é do tipo Aw', ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono, com temperatura média anual de 26,5 °C. Segundo a Embrapa (2006), o solo da área de estudo caracteriza-se como argissolo vermelho amarelo. Sua predominância do clima semiárido, o Estado é vulnerável aos fenômenos da seca, caracterizada principalmente pela irregularidade têmporal-espacial e escassez

pluviométrica em determinados períodos do ano e de seus efeitos potencializados pelas altas taxas de evaporação Ipece (2010). A Tabela 1 apresenta os atributos alguma características físico-químicas do solo, obtidas antes de iniciar a pesquisa.

**Tabela 1** – Atributos físicos-químicos do solo da área experimental.

Característica	Profundidade (m)	
	0 a 0,30	0,30 a 0,60
Classe Textural	Franco arenosa	Franco argilo arenosa
Dens. Solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	1,39	1,42
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,83	1,2
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,82	0,80
$\text{Na}^+$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,25	0,33
$\text{K}^+$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,12	0,12
$\text{H}+\text{Al}^{3+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2,0	2,4
$\text{Al}^{3+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,30	0,45
pH em água (1:2,5)	5,6	5,4
CEes ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,20	0,28
PST (%)	5	7

As informações sobre as variáveis meteorológicas obtidas durante a estação seca (cultivo de girassol) e durante a estação chuvosa (cultivo de milho) são apresentados na Tabela 2. Os meses referenciam o período de cultivo de cada ciclo, seguido das temperaturas máximas e mínimas, insolação, evapotranspiração, precipitação e lâmina líquida aplicada.

**Tabela 2** - Características climáticas da área experimental durante o período de cultivo.

Primeiro ciclo (girassol) – 2011							
Meses	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min (°C)	UR (%)	Insolação (h mes <sup>-1</sup> )	ETo (mm mes <sup>-1</sup> )	Prec (mm mes <sup>-1</sup> )	LL (mm mes <sup>-1</sup> )
Set	31,6	22,8	59	168,4	159,4	0,0	76,87
Out	31,0	23,6	66	288,5	258,6	23,8	166,24
Nov	31,1	24,0	68	296,5	242,4	7,3	133,53
Dez	31,2	24,3	65	202,9	163,7	2,8	45,61
<b>Média/soma</b>	<b>31,2</b>	<b>23,7</b>	<b>64,5</b>	<b>956,3</b>	<b>824,1</b>	<b>33,9</b>	<b>422,25</b>
Segundo ciclo (Milho) – 2012							
Meses	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min (°C)	UR (%)	Insolação (h mes <sup>-1</sup> )	Eto (mm mes <sup>-1</sup> )	Prec (mm mes <sup>-1</sup> )	LL (mm mes <sup>-1</sup> )
Fev	30,2	22,8	81	95,8	108,8	237,6	9,2
Mar	30,5	23,1	78	216,3	194,4	488,6	75,1
Abr	30,6	23,7	77	240,6	201,4	170,3	75,4
Mai	30,7	23,6	72	284,2	208,7	101,3	94,5
<b>Média/soma</b>	<b>30,5</b>	<b>23,3</b>	<b>77</b>	<b>836,9</b>	<b>713,3</b>	<b>997,8</b>	<b>254,2</b>
Terceiro ciclo (girassol) – 2012							
Meses	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min (°C)	UR (%)	Insolação (h mes <sup>-1</sup> )	ETo (mm mes <sup>-1</sup> )	Prec (mm mes <sup>-1</sup> )	LL (mm mes <sup>-1</sup> )
Set	31,0	23,4	61	203,2	194,3	0,0	75,53
Out	30,9	23,4	63	294,9	276,4	10,0	198,78
Nov	31,3	24,0	63	308,9	263,7	0,9	155,58
Dez	31,4	24,5	67	187,9	163,0	2,0	46,58
<b>Média/soma</b>	<b>31,1</b>	<b>23,8</b>	<b>63,5</b>	<b>994,9</b>	<b>897,4</b>	<b>12,9</b>	<b>475,94</b>
Quarto ciclo (Milho)- 2013							
Meses	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min (°C)	UR (%)	Insolação (h mes <sup>-1</sup> )	ETo (mm mes <sup>-1</sup> )	Prec (mm mes <sup>-1</sup> )	LL (mm mes <sup>-1</sup> )
Abr	31,1	23,7	78	143,6	116,4	111,1	68,4
Mai	31,2	23,4	73	234,6	173,7	155,6	129,5
Jun	30,7	22,6	77	216,2	164,1	168	125,2
Jul	30,3	22,5	69	266,1	190,1	91,0	53,2
<b>Média/soma</b>	<b>30,8</b>	<b>23,0</b>	<b>74,2</b>	<b>860,5</b>	<b>488,3</b>	<b>525,7</b>	<b>373,3</b>

## 2.2 Material vegetal

Foi utilizada a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar BRS 324, uma variedade de girassol precoce, de polinização aberta. Apresenta, em média, um alto teor de óleo, em torno de 47%. Seu ciclo é de aproximadamente 103 dias e atinge uma média de produtividade de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> na Região Sul, Região Central, em sistema de sequeiro. A cultivar de girassol é mais uma opção para o produtor brasileiro em função da precocidade da produção, para atender a demanda das indústrias para produção de óleo para fins comestível e diesel.

Outra cultura empregada foi o milho (*Zea mays*), híbrido AG1051, de ciclo semiprecoce, inserção da espiga alta, ciclo de 90 a 120 dias.

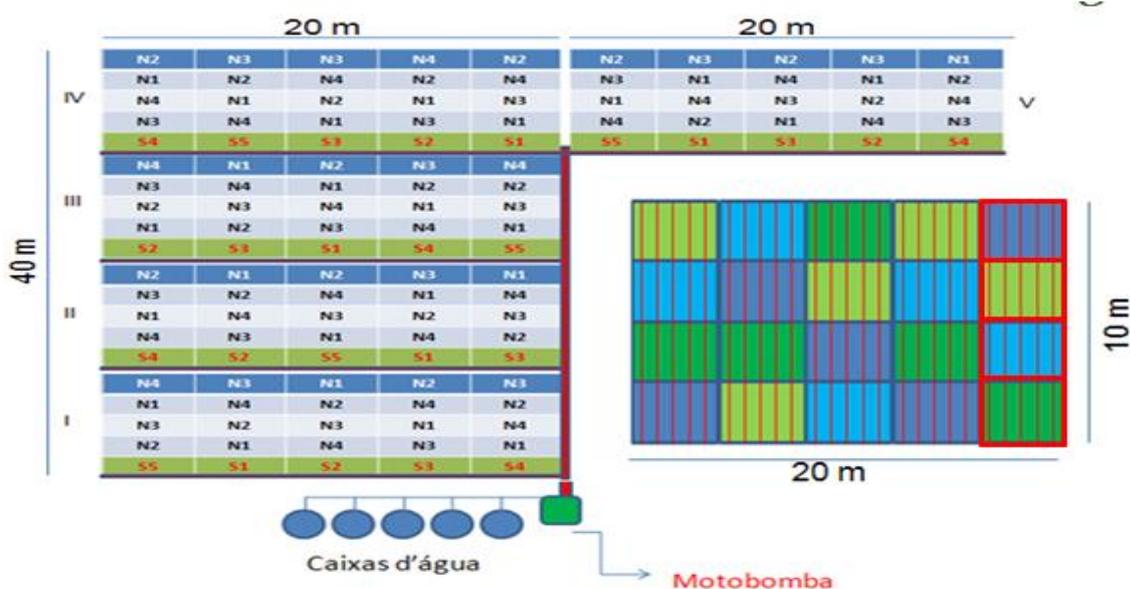
## 2.3 Descrição dos experimentos

O delineamento experimental utilizado em bloco ao acaso, com arranjo de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas de cinco níveis de água salina e as subparcelas de quatro doses de adubo nitrogeando, com cinco repetições. Foram cultivados quatros ciclos, dois com girassol (Estações seca) e dois com milho (Estações chuvosas).

Para a cultura do girassol, os tratamentos utilizados com água salina foram: S1= 0,8; S2= 2,2; S3= 3,6; S4= 5,0 e S5= 6,4 dS m<sup>-1</sup> e os níveis de nitrogênio foram: N1= sem adubação; N2= 25; N3= 50 e N4= 75 kg ha<sup>-1</sup> de N; sendo a dose de 50 kg de N ha<sup>-1</sup>, o recomeado por Embrapa (2005), tendo a uréia como fonte de N.

Nos cultivos de milho, obedeceram o mesmo delineamento experimental, estudando os efeitos residuais dos respectivos tratamentos aplicados no cultivo anterior, porém, foi utilizada irrigação suplementar com água de poço, de condutividade 0,8 dS m<sup>-1</sup> e as doses de nitrogênio: N1= sem adubação; N2= 108,5; N3= 217 e N4= 325,5 kg ha<sup>-1</sup> de N; com a dosagem de 217 kg de N ha<sup>-1</sup> sendo o recomendado para a cultura do milho (Coelho, 2006). Também, a ureia como fonte de nitrogênio, tendo a dosagem de A Figura 2 ilustra disposição dos blocos e dos tratamentos primários e secundários dispostos na área experimental.

**Figura 2** – Disposição dos tratamentos na área experimental.



Para diferenciar os tratamentos salinos, adicionou-se NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente a 7:2:1, à água de abastecimento local, visando à obtenção de águas com diferentes condutividades elétricas, obedecendo-se a relação entre CE a e sua concentração ( $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$ ), conforme Rhoades et al. (2000). As respectivas águas foram acondicionadas em caixas d'água de 1000 L de capacidade. A Tabela 3 apresenta as características das águas com menor e maior nível de sais.

**Tabela 3** - Características da água do poço profundo e do maior nível de água salina utilizadas na irrigação de plantas de girassol.

Características	Água de poço	Maior nível de água salina
CE	0,8 (dS m <sup>-1</sup> )	6,4 (dS m <sup>-1</sup> )
pH	6,9	7,0
Ca	1,1 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,8 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
Mg	1,1 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,3 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
Na	4,0 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	68,8 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,7 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	4,8 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
Cl	3,7 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	83,3 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
RAS	1,9 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	4,8 (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )
Classe segundo Richards (1954)	C3S1	C4S2

## 2.4 Instalação e condução da cultura

A área experimental, anteriormente foi cultivada com milho e feijão em sistema de consórcio, obtendo em torno de nove Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca. Aos 65 dias antes do início da semeadura do girassol foi realizada uma calagem utilizando calcário dolomítico (1,8 Mg ha<sup>-1</sup>) com base na análise de solo e incorporado com uma aração e, seguida de gradagem simples. Cinco dias antes da semeadura, foi realizada uma aração, seguido de duas gradagens cruzadas e após isso, demarcada a área experimental de 1000 m<sup>2</sup>.

O sistema de irrigação (Figura 3) utilizado foi do tipo pressurizado, por gotejamento, devido a maior economia de água, apresentando um CUC de 90% segundo metodologia de Keller e Karmeli (1975). O tempo de irrigação foi obtido a partir da evapotranspiração de referencia, estimada através da evaporação medida em um tanque Classe "A", em mm, conforme a equação 01. Os dados meteorológicos foram adquiridos de uma estação a 50 m da área experimental.

$$T_i = \frac{ECA * K_p * K_c * A_p * F_c}{E_i * q} \quad (01)$$

Em que;

T<sub>i</sub> é o tempo de irrigação, em h; ECA é a evaporação medida no Tanque Classe “A”, em mm (equivalente a L m<sup>-2</sup>); K<sub>t</sub> é o coeficiente do tanque, 0,75, adimensional; K<sub>c</sub> é o coeficiente de cultivo, adimensional; A<sub>p</sub> é área que a planta ocupa (0,24 m<sup>2</sup>); F<sub>c</sub> é o fator de cobertura, adimensional, (0,4 até os 28 DAP e 0,7 de 31 até os 87 DAP); E<sub>i</sub> é a eficiência de irrigação (0,90), adimensional; q<sub>g</sub> é a vazão do gotejador (3,75 L h<sup>-1</sup>). Foi utilizado um gotejador para cada duas plantas. Foi utilizada uma fração de lixiviação (FL) de 11% conforme recomenda a FAO (2006).

**Figura 3** – Disposição do sistema de irrigação na área experimental.



Os valores de K<sub>c</sub> utilizados no experimento para o manejo da irrigação do girassol foram de 0,35; 0,75; 1,10; 0,75 e 0,4 nos estágios inicial, vegetativo, florescimento, enchimento de grãos e maturação fisiológica, respectivamente (FAO, 2002).

A semeadura do girassol foi realizada utilizando quatro sementes por cova, num espaçamento de 0,8 x 0,3 m, com densidade de 41666 plantas ha<sup>-1</sup> e aos dez dias após o plantio realizou-se o desbaste, deixando-se somente uma planta por cova. A adubação (Fig. 4A) foi realizada em sulco com base na análise de solo e na recomendação da EMBRAPA (2005), 80 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, 70 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e 10 kg ha<sup>-1</sup> de FTE

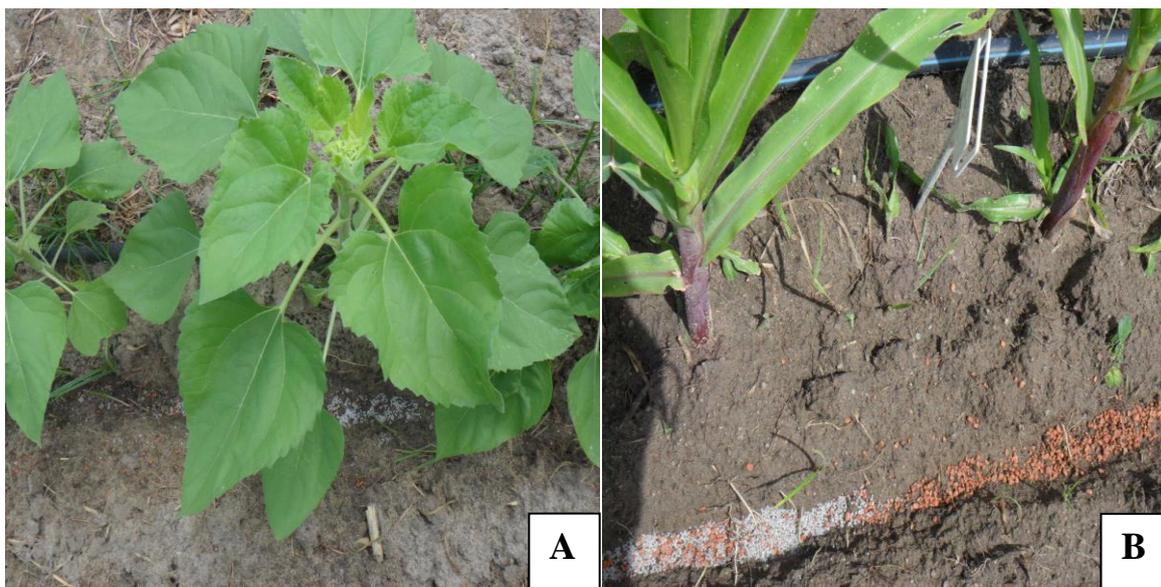
BR12, tendo como fonte o superfosfato simples e o cloreto de potássio. O superfosfato simples e o FTE foram aplicados todo na adubação de fundação, enquanto, a ureia e cloreto de potássio foram parcelados sendo aplicado 1/3 na fundação e 2/3 na cobertura aos 31 dias após o plantio (DAP). A adubação borácica foi de 4,0 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico recomendado por Paiva et al, (2012) e Lima (2011).

Após cada cultivo era realizada uma roçagem dos restos culturais, sendo que toda fitomassa produzida permanecia nas respectivas parcelas experimentais. Portanto após o cultivo de girassol no início da estação chuvosa de 2012 realizou-se uma roçagem e, em seguida a semeadura do milho utilizando-se três sementes do cv. AG1051 por cova, obedecendo à mesma ordem dos tratamentos do cultivo anterior, e o mesmo espaçamento. Aos dez dias após a germinação foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por cova.

A adubação no cultivo do milho, também foi realizada em sulco de acordo com a recomendação de Coelho (2006), 42 kg ha<sup>-1</sup> de P; 157 kg ha<sup>-1</sup> de K; 40 kg ha<sup>-1</sup> de FTR-BR12 tendo o superfosfato simples e o cloreto de potássio. O superfosfato simples e o FTE foram aplicados em dose única na adubação de fundação, enquanto o cloreto de potássio foi parcelado sendo aplicado 1/3 na fundação e 2/3 na cobertura aos 31 dias após a semeadura (DAS) e, a ureia sendo aplicada apenas 2/3 na cobertura aos 35 DAS. A Figura 4B demonstra a adubação de cobertura na cultura do milho.

O manejo da irrigação foi realizado tomando como base a equação 01 (descrita anteriormente), utilizando o Kc para a cultura do milho recomendado por Doorenbos e Kassam (1994) ou Azevedo (2001) da seguinte forma: 0, 61 (da semeadura até 30 DAS); 1,06 (dos 31 até os 57 DAS); 1,12 (dos 58 aos 82 DAS) e 0,84 (82 aos 90 DAS). Portanto, foi utilizada irrigação suplementar, sempre quando as precipitações não atingisse a quantidade de água requerida pela cultura.

**Figura 4** – Realização da adubação de cobertura na cultura do girassol (A) e milho (B).



## 2.5 Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários

Os tratos culturais foram realizados através de capina manual com enxada aos 25 e 45 DAS (girassol) e aos 28 e 50 DAS (milho) com o objetivo de eliminar as plantas infestantes e evitar a concorrência das mesmas com a cultura por água e nutrientes. Os tratamentos fitossanitários necessários foram seguindo as recomendações sugeridas por Leite et al. (2005), na cultura do girassol e para o milho segundo Embrapa 2006.

## 2.6 Colheita e beneficiamento

Ao final de cada ciclo do girassol (78 e 80 DAS) e do milho (95 e 90 DAS), dez plantas de cada subparcela foram coletadas, sendo separadas as folhas, caule, capítulos e aquênios (girassol) e, sabugo e grãos (milho).

## 2.7 Variáveis analisadas

### 2.7.1 Produção de massa seca

Após a obtenção da massa fresca, amostras homogêneas de aproximadamente 300 g de cada parte da planta foram acondicionadas em sacos de papel e, após secas em

estufa a 60 °C, foram pesadas para obtenção do teor de matéria seca. A produção de matéria seca foi obtida multiplicando-se a produção de massa fresca pelo teor de matéria seca das diferentes partes da planta.

#### 2.7.2 Massa de 1000 aquênio/grãos

A massa de 1000 aquênios/grãos (M1000) para as duas culturas foram determinadas de acordo com as orientações prescritas nas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 1992). Inicialmente, os aquênios e os grãos foram retirados dos capítulos (girassol) e das espigas (milho) dentro de cada tratamento. Em seguida, de forma aleatória, separavam-se 1000 aquênios/grãos. Posteriormente, pesava-os em uma balança, com precisão de quatro casas decimais, sendo o valor expresso em gramas.

#### 2.7.3 Percentagem de sementes chochas

Foram consideradas sementes inviáveis, vazias ou não desenvolvidas aquelas sem embrião no seu interior ou aquelas sementes de desenvolvimento insuficiente, de tamanho muito pequeno, mas ainda visível. Posteriormente, após o peso de 1000 sementes, foi realizada uma seleção manual das sementes inviáveis, por meio de contagem direta, assim obtendo o percentual de sementes chochas.

#### 2.7.4 Produtividade potencial

A estimativa da produtividade para as duas culturas, em kg ha<sup>-1</sup>, foi realizada por meio do produto entre a massa média dos aquênios (girassol) e grãos (milho) pelo estande de colheita composto por 41.666 plantas ha<sup>-1</sup>, conforme o espaçamento adotado.

#### 2.7.5 Teor de óleo

O teor de óleo dos aquênios (girassol) foi determinado por tratamentos, os quais foram identificados e acondicionados em sacos de papel, e em seguida encaminhados ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde se procedeu à determinação do teor de óleo diretamente por solvente, utilizando-se um sistema para determinação de gordura (Modelo TE-044-5/50).

Para a realização da extração do óleo, os aquênios foram macerados, objetivando aumentar a superfície de contato dos mesmos com o solvente. Utilizou-se aproximadamente 5 g de aquênios macerados para cada amostra, que foram posteriormente acondicionados em papel de filtro.

O teor de óleo das sementes de girassol de cada tratamento foi determinado em três repetições, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), utilizando-se hexano como solvente, em extração por meio de sistema Soxhlet em refluxo, durante 8 h. A extração do óleo a ser utilizado para a determinação do teor de ácidos graxos livres foi realizada como já descrito, porém sem realizar a secagem das amostras e mantido em refluxo durante 4 h. A determinação do teor de ácidos graxos livres foi realizada em triplicata, de acordo com metodologia descrita pela AOCS (1998).

A extração de óleo foi realizada com o auxílio de solvente, adicionando-se 125 mL de Hexano no recipiente reboiler, volume suficiente para cobrir totalmente a amostra macerada e acondicionada em papel de filtro. Em seguida, as amostras foram colocadas para refluxar no determinador de gordura, ou seja, o hexano foi titulado dentro da amostra, evaporado e condensado, para continuar a titulação e o refluxo, por um período de aproximadamente seis horas.

A temperatura inicial utilizada no controlador de temperatura do sistema foi de 130 °C, permanecendo durante as primeiras 5 horas de funcionamento do refluxo, sendo essa temperatura responsável pela evaporação do hexano. Posteriormente, a temperatura do controlador foi aumentada para 160 °C e o refluxo cessado. Nesse momento, começou a ocorrer a separação do hexano e do óleo. Já a temperatura do banho-termostatizado foi fixada em 10 °C para fazer com que a serpentina que se encontrava dentro do tubo recuperador de hexano, fosse a responsável pela condensação do hexano evaporado durante o funcionamento do sistema.

Ao término do período de extração, o restante do solvente que ainda se encontrava na amostra foi separado do óleo por meio de uma estufa funcionando a aproximadamente 60 °C por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em um desumidificador, com o intuito das mesmas não adquirirem umidade.

A massa de óleo obtida foi pesada e comparada com a massa dos aquênios utilizada na extração, e em seguida os resultados foram calculados em porcentagem de base seca.

### 2.7.6 Potencial de produção de óleo

O potencial de produção de óleo, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , foi estimado para cada tratamento a partir dos valores do potencial de produção de aquênios, e dos respectivos percentuais de óleo correspondentes aos mesmos, conforme é expresso na equação 1:

$$PP_{\text{ÓLEO}} = \frac{PP_{\text{AQUÊNIOS}} \cdot T_{\text{ÓLEO}}}{100} \quad (1)$$

em que,

$PP_{\text{ÓLEO}}$  – Potencial de produção de óleo ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

$PP_{\text{AQUÊNIOS}}$  – Potencial de produção de aquênios ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

$T_{\text{ÓLEO}}$  – Teor de óleo dos aquênios (%).

### 2.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1e 5% de probabilidade. Foi verificado efeito significativo na análise da variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional para assistência estatística ASSISTAT 7.6 beta da Universidade Federal de Campina Grande (SILVA; AZEVEDO, 2009).

Nos demais caracteres de produção das plantas, inicialmente os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância (Anava). Posteriormente, as variáveis de fitomassa seca, produção e produtividade da água, teor de óleo, e potencial de produção de óleo quando significativos pelo teste F, os efeitos das concentrações de sais e dos níveis de adubação nitrogenada submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustarem aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (\*\*) e 5% (\*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

No caso de efeitos significativos entre a interação dos dois fatores (salinidade e adubação nitrogenada (no caso das variáveis de crescimento, trocas gasosas e produção) foram realizadas as superfícies de resposta. Para a confecção dos gráficos e para determinação das equações de superfícies de resposta foi utilizado o software “TableCurve3D v.4.0”.

## 2.8 Análise econômica

Tomando como base a produtividade das culturas (girassol e milho), os efeitos dos tratamentos foram analisados pelos indicadores de rentabilidade da análise de investimento (relação benefício/custo, valor presente líquido e taxa interna de retorno), para um horizonte de oito anos.

Todos os preços utilizados na análise econômica foram coletados no mercado local, dos últimos anos, de forma a representar potencial real econômico das alternativas testadas, no presente estudo.

A Relação Benefício Custo (B/C) é uma relação entre o valor presente das receitas a serem obtidas e o valor presente dos custos (inclusive os investimentos). Para cada tratamento a relação B/C foi calculada pela equação 3.

$$B / C = \left( \frac{\sum_{i=0}^n Ri / (1+r)^i}{\sum_{i=0}^n Ci / (1+r)^i} \right) \quad (3)$$

Sendo:

Ri: Receita obtida no ano.

r: Taxa real anual de juros (decimal).

i: Número de anos para quitar o investimento ou vida útil dos equipamentos.

Ci: Custos no ano.

O Valor Presente Líquido (VPL) consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperado, descontá-las a uma determinada taxa de juros, e somá-las algebricamente, sendo representado pelo valor presente dos Benefícios Líquidos (Benefícios/Custos), conforme equação 4.

$$VPL = \sum_{i=0}^n (Ri - Ci) / (1+r)^i = \sum_{i=0}^n Ri / (1+r)^i - \sum_{i=0}^n Ci / (1+r)^i \quad (4)$$

Em que:

Ri: Receita obtida no ano.

r: Taxa real anual de juros (decimal).

i: Número de anos para quitar o investimento ou vida útil dos equipamentos.

Ci: Custos no ano.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma variável que expressa a percentagem de rentabilidade anual média do capital alocado durante todo o horizonte de análise, sendo, portanto uma taxa que torna nula o VPL do fluxo de caixa de investimento, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido, conforme equação 5.

$$VPL = \sum_{i=0}^n (Ri - Ci) / (1 + r)^i = 0 \quad (5)$$

Sendo:

Ri: Receita obtida no ano.

r: Taxa real anual de juros (decimal).

i: Número de anos para quitar o investimento ou vida útil dos equipamentos.

Ci: Custos no ano.

O VPL e a TIR têm como vantagem o fato de considerarem o efeito da dimensão tempo dos valores monetários.

O valor da tarifa de energia elétrica é formado pela soma do custo do consumo efetivo da energia e do custo de demanda da potência elétrica. De acordo com as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), só existe tarifa de demanda quando a potência instalada é superior a 75 KVA. Tendo em vista que para as condições da pesquisa o sistema operou com uma potência instalada bem inferior, então, o custo de demanda foi nulo, sendo a tarifa de energia composta apenas pelo custo do consumo. O custo do consumo de energia elétrica foi estimado com base na equação 6.

$$CE = 0,7457 \times Pot \times Tf \times Pkwh \quad (6)$$

sendo:

CE: custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$.

0,7457: fator de conversão de cv para kw.

Pot: potência do motor, em cv.

Tf: tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a ECA, em horas, durante o ciclo e considerando uma área irrigada de 1,0 ha.

Pkwh: preço do kWh, em R\$.

O preço do kWh, foi obtido junto a Coelce (Companhia Energética do Ceará) e refere-se ao valor de 1,0 kwh considerando que o sistema funcionou nos horários de ponta, sendo R\$ 0,27.

Os recursos financeiros para custeio e investimento para 1,0 ha de cultivo rotacionado (girassol/milho) foram contratados junto ao Banco do Nordeste, através da linha de financiamento do Pronaf Agricultor Familiar. O Programa destina-se a agricultores familiares com enquadramento no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), que exploram parcela de terra na condição de proprietários, posseiros, arrendatários ou parceiros e possuam renda bruta anual acima de R\$ 6.000,00 e até R\$ 110.000,00, excluídos benefícios sociais e proventos previdenciários decorrentes de atividades rurais (Pronaf, 2011).

Em cada uma das unidades técnicas realizou-se um fluxo de caixa considerando os níveis de produtividade média de cada ciclo em relação aos tratamentos aplicados, e ainda as condições de amortização do contrato, o qual estabelece para os investimentos um prazo de até 10 anos, com carência de até três anos e taxas de juros que variam de 1% ao ano para valor contratado de até R\$ 10 mil e 2% ao ano de R\$ 10 mil a R\$ 50 mil. Para os custeios, a amortização ocorre em três anos com acréscimo 1,5% de juros ao ano para o valor contratado de até R\$ 10 mil, de R\$ 10 mil a R\$ 20 mil – 3% ao ano e de R\$ 20 mil a R\$ 50 mil – 4,5% ao ano, não possuindo período de carência (Pronaf, 2011).

Calcularam-se as receitas líquidas acumuladas ao longo de oito anos, desconsiderando o período de carência e tendo em vista o prazo do contrato, sendo que nos subsequentes consideraram-se os mesmos níveis de produtividade e custos de produção.

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Girassol

##### 3.1.1 Primeiro ciclo

A partir do resultado da variância para os dados de massa seca foliar ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), produtividade (PROD), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ), percentual de sementes chochas (PSC), teor de óleo ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de aquênios (PPO), verificou-se que os tratamentos utilizados influenciaram significativamente as características em estudo, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabelas 4 e 5).

Em relação às variáveis relacionadas na Tabela abaixo, podemos observar que as mesmas foram influenciadas significativamente pelos efeitos principais dos fatores salinidade (S) e nitrogênio (N), bem como para a interação entre os mesmos (S x N), pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ), o que indica dependência entre os fatores da interação, de tal forma que existem diferenças entre os tratamentos, quando aplicados água salina e diferentes doses de nitrogênio.

**Tabela 4** - Resumo da análise da variância para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.

FV	GL	Quadrados Médios			
		$MS_F$	$MS_C$	$MS_{CAP}$	$MS_T$
Blocos	4	3,67**	12,82**	82,81**	0,2778**
Trat-a (S)	4	255,72**	683,02**	1075,05**	9,74**
Resíduo-a	16	0,0202	0,0707	0,4570	0,0015
Trat-b (N)	3	902,56**	2398,81**	7184,11**	46,11**
Int. (SxN)	12	4,98**	13,23**	3,64**	0,2545**
Resíduo-b	60	0,7218	1,61	29,62	0,0672
CV(S) %		6,7	6,2	7,4	10,6
CV(N) %		8,6	7,5	8,2	11,7

**Tabela 5** - Resumo da análise da variância para os dados produtividade (PROD), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ), sementes chochas (PSC), teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de óleo (PPO), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogenio.

FV	GL	Quadrados Médios				
		PROD	$MM_A$	PSC	$T_{\text{óleo}}$	PPO
Blocos	4	8317,62**	20,71**	0,9681**	3,26**	4909,54**
Trat-a (S)	4	17054,29**	210,42**	4,41**	18,89**	4635,93**
Resíduo-a	16	40,51	0,1143	0,0031	0,0003	30,71
Trat-b (N)	3	53957,02**	143,69**	4,37**	41,01**	1396,46**
Int. (SxN)	12	26279,71**	7,94**	0,0141**	0,0037**	4635093**
Resíduo-b	60	2414,64	1,51	0,0196	0,1779	30,71
CV(S)%		12,3	11,4	8,5	5,2	6,9
CV(N)%		14,8	13,7	10,6	8,4	9,3

O desdobramento em teste de médias das interações significativas para as variáveis de fitomassa  $MS_F$ ,  $MS_C$ ,  $MS_{CAP}$ ,  $MS_T$ , pode ser observado na Tabela 6.

Os maiores médias para as variáveis em questão foram constatados na interação do menor nível de água salina com maior dose de nitrogênio comparado ao maior nível salino e sem aplicação de nitrogênio, de forma a apresentar um aumento de 252,6% ( $MS_F$ ); 254 ( $MS_C$ ); 317% ( $MS_{CAP}$ ); 262% ( $MS_T$ ); 103% ( $MM_A$ ) e ( $T_{\text{óleo}}$ ) 12,2.

Também podemos verificar que dentro da cada tratamento primário há um aumento dos valores médios das variáveis à medida que se eleva a dosagem de nitrogênio, pois na menor concentração salina na água de irrigação, com incrementos de 56,8% ( $MS_F$ ); 54% ( $MS_C$ ); 61% ( $MS_{CAP}$ ); 56% ( $MS_T$ ); 25% ( $MM_A$ ) e 6% ( $T_{\text{óleo}}$ ). E, quando foi aplicado água salina na maior concentração também ocorreu uma incremento com a aumento da aplicação de nitrogênio, porém, menor comparado a testemunha 57% ( $MS_F$ ); 52 ( $MS_C$ ); 66 % ( $MS_{CAP}$ ); 57 % ( $MS_T$ ); 21% ( $MM_A$ ) e 4 % ( $T_{\text{óleo}}$ ).

**Tabela 6** – Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ) e teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ), do girassol, cv.BRS 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.

Salinidade ( $dS\ m^{-1}$ )	Nitrogênio ( $kg\ ha^{-1}$ )	$MS_F$	$MS_C$ ( $g\ Planta^{-1}$ )	$MS_{CA}$	$MS_T$ ( $kg\ ha^{-1}$ )	MMA (g)	Óleo (%)
0,8	0	5,76cD	21,16cC	26,37bC	2389,63cD	66,0cD	45,75bC
	25	9,24bC	32,36bB	47,15bBC	3851,88bC	71,6bC	46,2bBC
	50	11,06abB	38,70abB	56,39abB	4607,32abB	76,4abB	46,7abB
	75	13,33aA	46,65aA	67,98aA	5553,58aA	87,8aA	48,7aA
2,2	0	5,18cC	18,14cD	26,43cD	2159,67cD	59,4cD	45,3cC
	25	8,32bC	29,12cC	42,43bBC	3466,69bC	64,4bC	45,7cBC
	50	9,95bB	34,83bB	50,76bB	4146,59bB	68,7bB	46,2bB
	75	12,09abA	42,31abA	61,65abA	5036,62abA	79,0bA	48,2bA
3,6	0	4,66bcD	16,33cD	23,79cD	1943,70cD	53,4cD	44,4cC
	25	7,49bcC	26,21bC	38,19bcC	3120,02bC	57,9bcC	44,8cBC
	50	8,96bB	31,35bB	45,68bB	3731,93bB	61,8bcB	45,3bB
	75	10,88bA	38,08bA	55,48bA	4532,96bA	71,1bA	47,2bA
5,0	0	4,20cD	14,69cD	21,41cC	1749,33dD	48,1dD	43,9dC
	25	6,74bcC	23,59cC	34,37cB	2808,02cC	52,1cC	44,4bcBC
	50	8,06bB	28,21bcB	41,11bAB	3358,74bcB	55,6bcB	44,8bcB
	75	9,79bA	34,27bcA	49,94bA	4079,66bA	64,0bcA	46,8bcA
6,4	0	3,78dC	13,23dD	16,27dC	1534,40eD	43,3eD	43,4eC
	25	6,07cB	21,23cC	30,93cBC	2527,21dC	46,9dC	43,9dBC
	50	7,25cB	25,39cB	37,00cB	3022,8cB	50,1cB	44,4cB
	75	8,95bA	27,84bA	47,94bA	3571,70bcA	54,6bcA	45,3bcA

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados de  $MS_F$ ,  $MS_C$ ,  $MS_{CAP}$  e  $MS_T$  estão condizentes com informações de Santos *et al.* (2002), ao reportarem respostas diferenciadas sobre a acumulação de fitomassa no girassol em decorrência da salinidade. Segundo os mesmos autores, este comportamento é justificado pelo fato dos sais na solução dominarem o potencial osmótico do solo reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, e conseqüente menor produção de fitomassa da planta. Tal fato evidencia que a menor produção de fitomassa nos órgãos da planta se distinguem quanto aos sais no solo, abaixando o potencial osmótico, revelando assim a importância do adequado suprimento de água com menor salinidade para a efetivação de um vigoroso crescimento por parte das plantas, refletido em elevadas produções de fitomassa.

Andrade e Abreu (2007) informam que a produção de matéria seca no girassol sob condições salinas é negativamente afetada, provavelmente, devido à redução da área foliar e conseqüente redução da radiação solar interceptada e utilizada na produção de biomassa.

Estes resultados também são condizentes com informações de Nobre *et al.* (2010), ao relatarem que a produção de matéria seca está fortemente associada a quantidade de água disponibilizada à cultura do girassol. Isso reforça ainda mais a hipótese de que a magnitude dos efeitos do déficit hídrico causado pela salinidade sobre o girassol além de estar relacionada ao período de desenvolvimento, depende substancialmente da duração, da intensidade de ocorrência e da capacidade genética da planta em responder às mudanças na disponibilidade hídrica do solo (CASTRO; FARIAS, 2005).

Segundo Connor e Hall (1997), restrições na disponibilidade hídrica durante a estação de cultivo podem reduzir o acúmulo de matéria seca nos aquênios e reduzir a massa encerrada nos mesmos. O que vai de encontro com informações relatadas por Hall *et al.* (1985) e Dosio *et al.* (1998) ao discorrerem que restrição hídrica durante o período de enchimento de aquênios pode acarretar menor peso de 1000 aquênios e consequentemente redução na produção.

Para Castro e Farias (2005), quando a cultura do girassol é exposta permanente ao estresse salino e déficit hídrico, os prejuízos na produtividade final estão mais associados à redução do número de aquênios cheios por capítulo, do que as próprias consequências dos efeitos do déficit sob o peso médio dos 1.000 aquênios. De tal forma que para Guse (2009), a componente de produção massa de 1.000 aquênios nem sempre apresenta relação direta com a produtividade total.

Kakida *et al.* (1981) ressaltam que os aquênios de girassol se caracterizam por possuir um teor de óleo que varia dependendo do genótipo de 30 a 49%. Assim, pelos resultados, constata-se que os presentes valores se adéquam ao referido intervalo, independentemente do tratamento estudado. Tal fato, reforça a hipótese de que o teor de óleo nos aquênios é influenciado por vários fatores, destacando-se além da particularidade genética inerente a cada cultivar, as características ambientais, sobremaneira a salinidade que por ventura venha a incidir em determinados estádios fenológicos, ao longo do ciclo da cultura (TALHA; OSMAN, 1975). Estes valores estão também dentro da amplitude (30 a 50 %) de valores indicados por CATI (2012) como os esperados para a cultivar de girassol BRS 324.

De acordo com Merrien e Milan (1992) são a partir dos constituintes da degradação da glicose que se procede a biossíntese do óleo de girassol sob a atividade da enzima Acetil-CoA carboxilase, que conduz a repartição de assimilados disponíveis entre a proteogênese (formação de proteínas) e a lipidogênese (formação do óleo) e nas

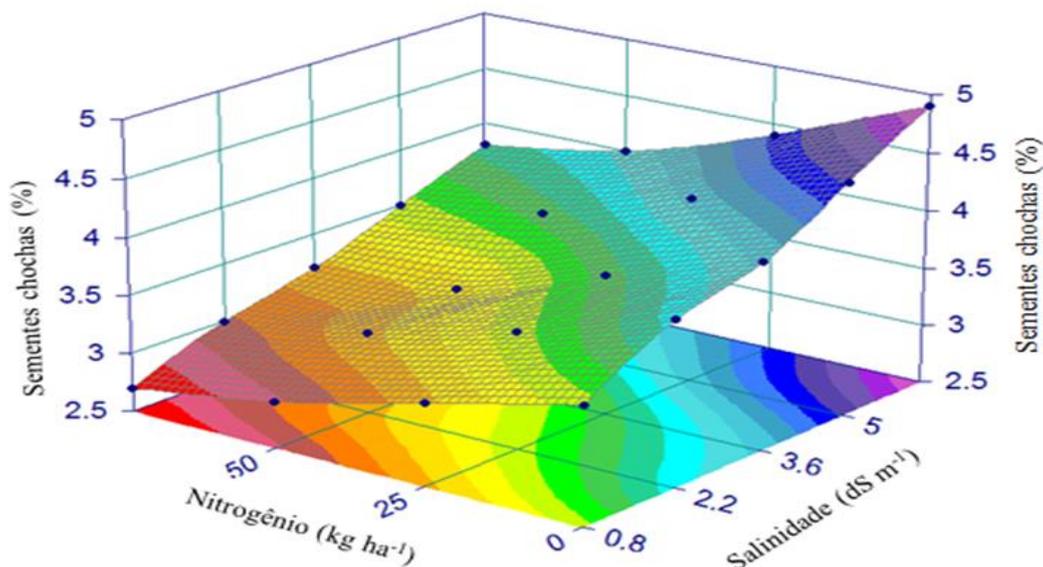
situações nas quais a energia não é um fator limitante, como no caso de adequado suprimento hídrico, por exemplo, a planta encaminha os assimilados prioritariamente para a produção de óleo, o que pode justificar os incrementos observados para a variável em questão quando as necessidades hídricas da cultura foram plenamente atendidas quando as plantas foram irrigadas com água salina de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $75 \text{ kg de N ha}^{-1}$ .

Segundo Castro e Farias (2005), o girassol mesmo sendo considerado uma espécie vegetal moderadamente tolerante a salinidade e ao déficit hídrico devido ao seu sistema radicular ser potencialmente capaz de atingir elevadas profundidades, o mesmo é caracterizado por utilizar a água de uma maneira pouco eficiente, uma vez que se relata que cada litro de água consumido pela cultura se converte em menos de 2 g de matéria seca. Todavia, deve-se considerar que os referidos autores sugerem que a cultura apresenta ainda um comportamento incoerente no que se relaciona à sua baixa eficiência no uso da água, já que em condições de deficiência hídrica a mesma aumenta de maneira bastante considerável, o que reforça ainda mais os resultados obtidos pela presente pesquisa.

Para Aiken e Lamm (2012), o limite superior de eficiência de uso da água em oleaginosas, como o girassol, por exemplo, é provavelmente determinado pelas próprias características que são inerentes ao metabolismo do tipo  $C_3$ , que regula a fixação de  $\text{CO}_2$  nestas espécies, bem como pelos elevados requerimentos energéticos que são exigidos para a biossíntese de óleo durante os processos de metabolismo de lipídeos. Segundo estes autores, a maximização da eficiência de uso da água nas oleaginosas pode ser alcançada quando o gerenciamento do abastecimento de água é realizado com o objetivo de minimizar as perdas por evaporação durante o crescimento vegetativo, e quando também se assegura um suprimento hídrico adequado durante os estádios de floração e enchimento das sementes.

A Figura 5 representa a superfície de resposta do percentual de sementes chochas em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e doses de nitrogênio, do girassol. De acordo com o modelo matemático escolhido, observa-se um aumento de sementes chochas com o aumento da salinidade da água e sem adubação nitrogenada. O menor percentual de sementes chochas (2,7%), foi estimada na interação da água salina de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  com  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, a partir de então, o aumento da concentração de sais na água e a redução da dose de nitrogênio resultou no aumento do de sementes chochas na cultura do girassol cv. BRS 324.

**Figura 5** – Superfície de resposta do percentual de sementes chochas do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



$$Z = 3,42 + 0,2107X - 0,0193Y - 0,000088Y^2$$

$$R^2 = 0,98$$

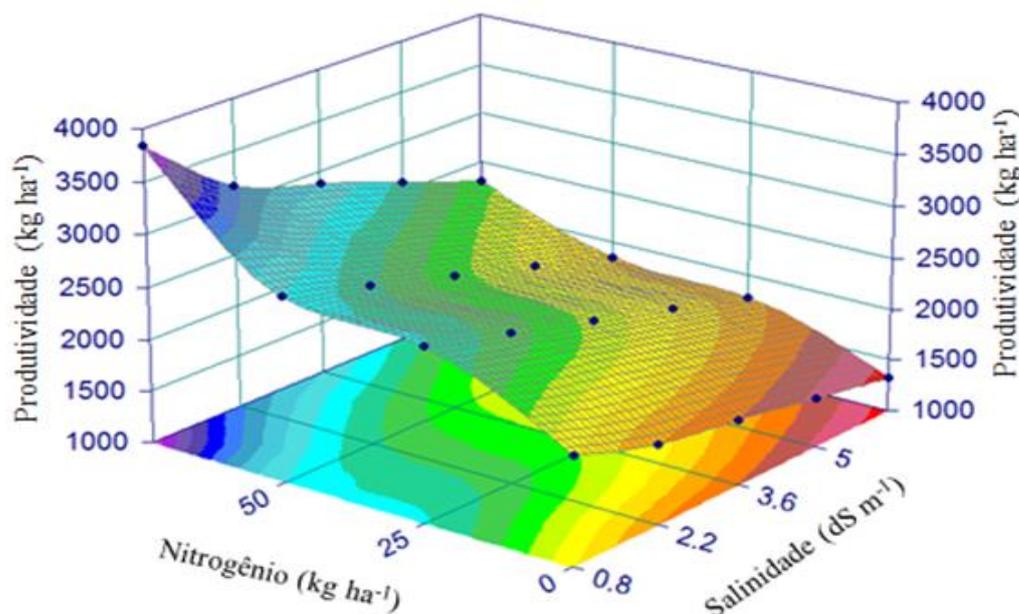
Sob condições de restrição hídrica imposta pelo aumento do potencial osmótico, os aquênios de girassol têm seu enchimento prejudicado em função de uma maior incidência percentual de aquênios anormais ou “chochos”, uma vez que a fase de enchimento de aquênios (formação da produção) caracteriza-se por ser um período de forte competição por assimilados entre os próprios aquênios, sendo, portanto, essencial um suprimento hídrico adequado nesta fase, a fim de se assegurar uma homogeneidade entre o conteúdo de fotoassimilados encerrado nos mesmos (UNGARO et al. 2000).

A fertilidade do solo influencia, diretamente, a composição química das plantas e sementes. Entretanto, a intensidade que com esses nutrientes afetam o vigor das novas plantas parece depender, também, das condições às quais essas, que produziram as sementes, foram submetidas em se tratando do suprimento de nutrientes (CARVALHO; NAKAGAWA, 1998). Estudos têm encontrado redução na massa das sementes em função da salinidade para diversas espécies, como mamona (SILVA et al. 2008) e amendoim (CORREIA et al.2009).

O modelo matemático quadrático foi o que melhor se ajustou aos valores médios de produtividade para o girassol BRS cv, 324, submetido a diferentes níveis de irrigação com água salina e doses de nitrogênio, apresentando um coeficiente de determinação de

0,98. De acordo com a equação foi confeccionado o gráfico de superfície de resposta, em que, produtividade máxima foi de 3820 kg ha<sup>-1</sup>, obtido com os tratamentos S1N4 (0,8dS m<sup>-1</sup> e 75 kg de N ha<sup>-1</sup>) (Figura 6). A menor produtividade estimada (1350 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida na maior concentração salina (6,4 dS m<sup>-1</sup>) e sem adubação nitrogenada.

**Figura 6** – Superfície de resposta da produtividade do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



$$Z = 2160,84 - 172,96/X + 4,564Y + 8,6080/X^2 + 0,00171Y^2 - 0,3907Y/X$$

$$R^2 = 0,98$$

Esses resultados estão associados aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais decorrentes da disponibilidade e acúmulo de sais na zona radicular da planta que afetam a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibem a expansão foliar e aceleram a senescência de folhas maduras, reduzindo conseqüentemente a área destinada ao processo fotossintético e a produção total de fotoassimilados, causando redução na produtividade das culturas (MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2006; WILSON et al. 2006b), e afetando a qualidade da semente.

As informações são condizentes com Castiglioni *et al.* (1997), ao verificarem baixo potencial osmótico do solo causa a redução de água durante o cultivo da cultura ocasionando problemas no enchimento e na massa de 1.000 aquênios, que irão refletir, conseqüentemente, em redução na produtividade potencial de aquênios.

Segundo Castro e Farias (2005), é provável que a incidência de déficit hídrico após o florescimento (formação da produção), quando as folhas já atingiram o seu

tamanho máximo proporcione a senescência precoce das mesmas. Segundo estes autores, essa redução no aparato fotossintético decorrente da senescência foliar reduz fortemente a translocação de fotoassimilados para os grãos, restringindo ainda o peso dos mesmos, e conseqüentemente a produtividade final.

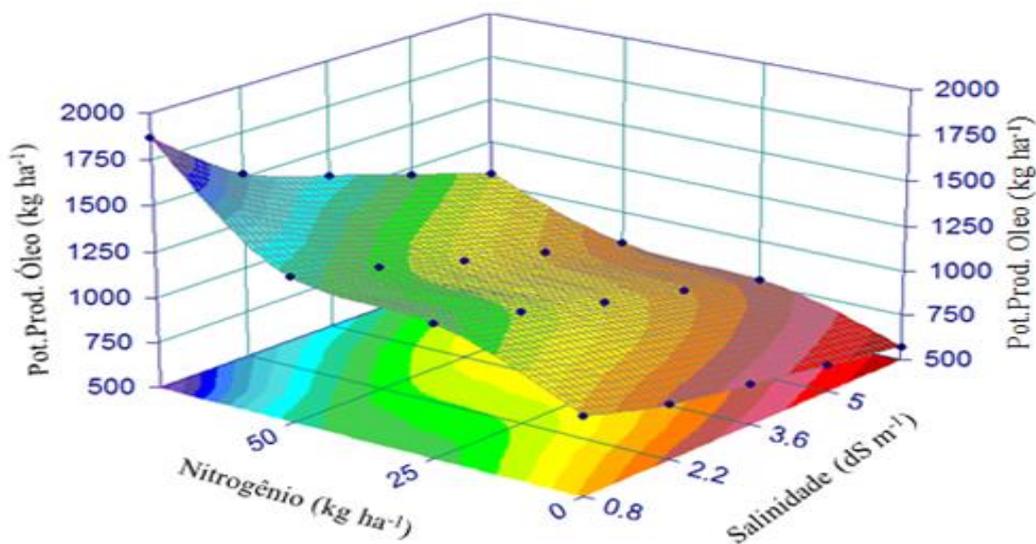
Braz e Rossetto (2009) analisando o cultivo do girassol (cv. EMBRAPA 122/ V-2000) em um Planossolo verificaram que a produção média de aquênios por planta foi de 940 aquênios, enquanto que no presente estudo a média de produção de aquênios no nível de salinidade dois ( $CE = 4,3 \text{ dS m}^{-1}$ ), situação que produziu maior número de aquênios, foi em torno de 300 unidades. No entanto, para a massa de 1000 aquênios estimada, esses autores encontraram uma média de 53,66 g, enquanto que no presente estudo a média observada foi de 63 g.

De acordo com a superfície de resposta da estimativa do potencial produtivo de óleo do girassol (Figura 7), verificou-se que o potencial produtivo foi máximo ( $1920 \text{ kg ha}^{-1}$ ) quando as plantas foram irrigadas com água salina de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e adubadas com  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Esse potencial produtivo foi reduzindo quando elevou a concentração salina na água e diminuir a dose de nitrogênio, chegando a valores mínimos de  $550 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Portanto, o potencial produtivo de óleo estimado do girassol em função do incremento de sais na água de irrigação e doses de nitrogênio, também aumentou de modo quadrático de acordo com o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados.

Ainda na mesma Figura, observa-se decréscimo menos acentuado do potencial produtivo óleo em função do aumento da salinidade. Já em função das doses de nitrogênio, o seu aumento torna o incremento de PPO mais acentuado.

**Figura 7** – Superfície de resposta do potencial de produção de óleo do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



$$Z = 1005,65 - 93,08/X + 02,0470Y + 5,2175/X^2 - 0,001936Y^2 - 0,2134YX$$

$$R^2 = 0,95$$

Estes resultados são condizentes com relatos de Castro *et al.* (2006), quando verificaram que as plantas que sofreram estresse no enchimento de aquênios (formação da produção) tiveram menor produção de aquênios. A este respeito, Roger-Estrade *et al.* (2003), também salientam que a restrição hídrica durante a formação da produção pode exercer uma influência muito negativa sobre o rendimento de aquênios, em função da maior susceptibilidade da cultura ao abortamento dos grãos, diminuindo o PPO.

Assim, os potenciais de produção de aquênios alcançados em todos os tratamentos condizem com as informações de Unger (1990), quando discorreu que a capacidade da cultura do girassol em manter produtividades relativamente altas em condições de deficiência hídrica é resultado de sua capacidade de extração de água do solo pelas raízes, mesmo que a mesma se encontre retida em baixos potenciais.

Desse modo, percebe-se que o potencial de produção de óleo, que é o resultado da combinação entre potencial de produção de aquênios e o conteúdo de óleo dos mesmos, seguiu as mesmas tendências de variação da produtividade de aquênios e de óleo em função dos tratamentos estudados, e que o mesmo foi influenciado pelos mesmos fatores que regem o comportamento dos mesmos de forma isolada, o que leva a supor que possivelmente existe uma correlação positiva e significativa entre estas duas características.

Sugerindo que este componente (potencial de produção de aquênios) é o que mais influencia no rendimento de óleo no girassol. Motivo pelo qual se deve manejar a cultura, a fim de se obter a máxima produtividade de aquênios, o que inevitavelmente condicionará elevados rendimentos de óleo por unidade de área.

### 3.1.2 Segundo ciclo

Pelo resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca foliar ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), produtividade (PROD), massa de mil aquênios (MMA), percentual de sementes chochas (PSC), teor de óleo ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de aquênios (PPO), verificou-se que os tratamentos utilizados influenciaram significativamente as características em estudo, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F na Tabela 7 e 8.

**Tabela 7** - Resumo das análises das variâncias para os dados massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca do capítulo ( $MS_{CAP}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.

FV	GL	Quadrados Médios			
		$MS_F$	$MS_C$	$MS_{CAP}$	$MS_T$
Blocos	4	4,85**	16,93**	109,41**	0,3670**
Trat-a (S)	4	337,86**	902,38**	1420,4**	12,87**
Resíduo-a	16	0,0267	0,0934	0,6038	0,0020
Trat-b (N)	3	1192,45**	3169,25**	9491,50**	60,93**
Int. (SxN)	12	6,58**	17,49**	52,38**	0,3362**
Resíduo-b	60	0,9536	2,1271	39,13	0,0887
CV(S)%		4,6	7,3	4,8	9,5
CV(N)%		6,2	9,5	7,5	10,3

**Tabela 8** - Resumo das análises das variâncias para os dados de produtividade (PROD), massa de mil aquênios ( $MM_A$ ), sementes chochas (PSC), teor de óleo dos aquênios ( $T_{\text{óleo}}$ ) e potencial de produção de óleo (PPO), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogenio.

FV	GL	Quadrados Médios				
		PROD	$MM_A$	PSC	$T_{\text{óleo}}$	PPO
Blocos	4	12370,11**	25,56**	0,7841**	3,54**	7922,64**
Trat-a (S)	4	2536335,31**	2601,75**	3,57**	20,50**	74797,05**
Resíduo-a	16	60,24	0,1411	0,0025	0,00032	49,57
Trat-b (N)	3	8024559,70**	1777,39**	3,541**	44,49**	22533,76**
Int. (SxN)	12	39083,39**	9,81**	0,0114**	0,0040**	14098,99**
Resíduo-b	60	3591,08	1,87	0,1587	0,1931	686,29
CV(S)%		13,5	7,9	11,3	8,6	5,2
CV(N)%		16,5	9,4	14,3	11,7	8,3

Em relação às variáveis relacionadas nas Tabelas (acima), pode-se observar que as mesmas foram influenciadas significativamente pelos efeitos principais dos fatores salinidade (S) e nitrogênio (N), bem como para a interação entre os mesmos (S x N), pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ), o que indica dependência entre os fatores da interação, de tal forma que existem diferenças entre os tratamentos, quando aplicados água salina e diferentes doses de nitrogênio.

Podemos observar na Tabela (9) que os maiores valores para as variáveis em questão foram constatados na interação do menor nível de água salina com maior dose de nitrogênio comparado ao maior nível salino e sem aplicação de nitrogênio, de forma a apresentar uma redução de 68,5% ( $MS_F$ ); 69,2% ( $MS_C$ ); 68,1% ( $MS_{CAP}$ ); 68% ( $MS_T$ ); 45,3% ( $MM_A$ ) e ( $T_{\text{óleo}}$ ) 9,86%. Também podemos verificar que dentro da cada tratamento primário há um aumento dos valores médios das variáveis à medida que se eleva a dosagem de nitrogênio, pois na menor concentração salina na água de irrigação, houve incrementos de 131,7% ( $MS_F$ ); 130,40% ( $MS_C$ ); 131% ( $MS_{CAP}$ ); 132% ( $MS_T$ ); 33,03% ( $MM_A$ ) e 6,45% ( $T_{\text{óleo}}$ ). E, quando foi aplicado água salina na maior concentração também ocorreu um incremento com a aumento da aplicação de nitrogênio, porém, menor comparado a testemunha 133% ( $MS_F$ ); 130 ( $MS_C$ ); 132 % ( $MS_{CAP}$ ); 133,7 % ( $MS_T$ ); 34% ( $MM_A$ ) e 6,68 % ( $T_{\text{óleo}}$ ).

**Tabela 9** – Valores médios de massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca do capítulo (MSCAP), massa seca total (MST), massa de mil aquênios (MMA) e teor de óleo dos aquênios (Tóleo), do girassol, cv. 324, em resposta a irrigação com água salina e doses de nitrogênio.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	MSF	MSC (g Planta <sup>-1</sup> )	MSCA	MST (kg ha <sup>-1</sup> )	MMA (g)	Óleo (%)
0,8	0	6,62cC	23,17cD	33,76cD	2758,20bD	73,3bD	47,6bC
	25	10,63bBC	37,19bC	54,19bC	4427,44bC	79,5bC	48,1bBC
	50	12,71abB	44,49abB	64,82abB	5295,77abB	84,8abB	48,6abB
	75	15,44aA	54,03aA	78,73aA	6432,47aA	91,55aA	49,7aA
2,2	0	5,96bD	20,85cD	30,38cD	2482,38cD	66,0cD	47,1cC
	25	9,56bC	33,47bC	48,77bC	3984,70cC	71,4bC	47,6bBC
	50	11,44bC	40,04bB	58,34bB	4766,20bB	76,4bB	48,2bB
	75	13,89abA	48,63bA	70,86bA	5789,22abA	87,8abA	49,5abA
3,6	0	5,36cD	18,77cD	27,35cD	2234,14cD	59,4cD	46,2cC
	25	8,61bcC	30,12cC	43,90bcC	3586,23bcC	64,4bcC	46,7bcBC
	50	10,30bcB	36,03cB	52,51bB	4289,58bB	68,7bcB	47,2bcB
	75	12,50bA	43,77bA	63,78bA	5210,30bA	79,0bA	49,1bA
5,0	0	4,83dD	16,89dD	24,61dD	2010,72dD	53,4dD	45,7dC
	25	7,75cC	27,11cC	39,51cC	3227,61cC	57,9cC	46,2cBC
	50	9,27bB	32,43cB	47,25bB	3860,62cB	61,8cB	46,7cB
	75	11,25bA	39,39bA	57,40bA	4689,27bcA	71,1bcA	48,7cA
6,4	0	4,34eD	15,19eD	22,14eD	1808,65eD	48,1eD	45,2eC
	25	6,97dC	24,40dC	35,56dC	2904,85dC	52,1dC	45,7dBC
	50	8,34cB	29,19cB	42,53cB	3474,56cB	55,6cB	46,2cB
	75	10,13ebA	35,45bA	51,66bA	4220,34bA	64,0bA	48,2bA

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução na massa da matéria seca das plantas nos níveis mais elevados de salinidade deve ser atribuída à redução do tamanho das folhas, já que o número de folhas não foi afetado pela salinidade. Assim, em altas condições de salinidade, as plantas mantêm geralmente elevadas concentrações de Na<sup>+</sup> e baixas concentrações de K<sup>+</sup> no citosol (TAIZ; ZEIGER, 2004). Vários trabalhos confirmam esta afirmativa, seja em plantas halófitas (BRILHANTE, 2006), ou glicófitas (AZEVEDO NETO et al., 2004; NETONDO et al. 2004).

A queda de massa seca pode refletir o aumento da respiração, que é acelerada em condições de estresse, ganho reduzido de carbono (GREENWAY; MUNNS, 1980; MCCREE, 1986; ZHU, 2001; LEE et al. 2004) e/ou suprimento inadequado de nutrientes para a planta (MARCELIS; HOOIJDONK, 1999; DEBEZ et al. 2004).

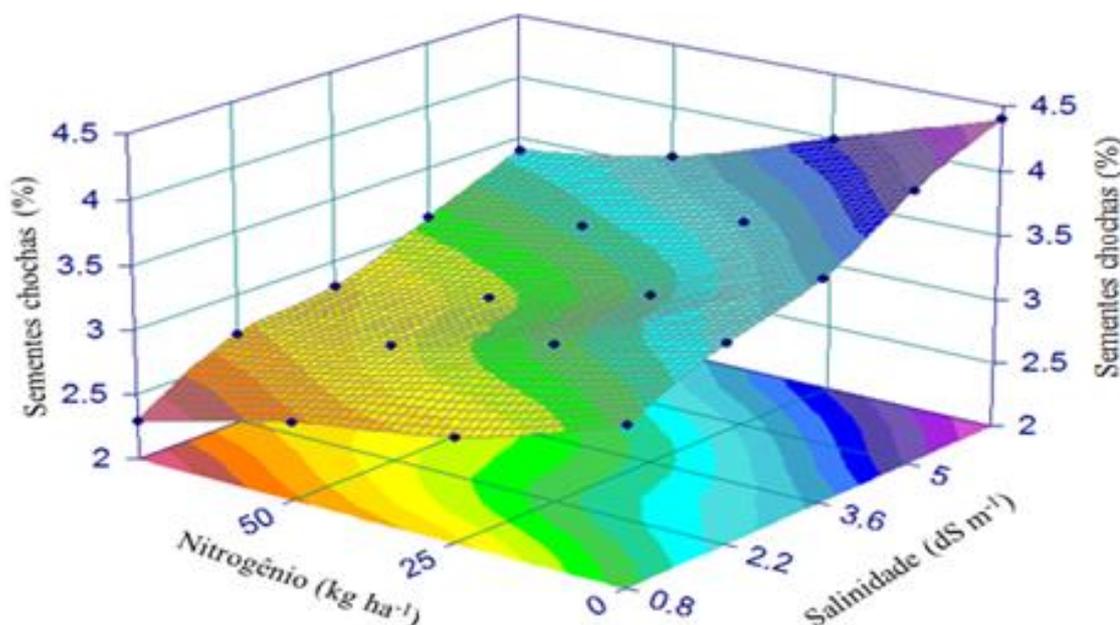
Resultados mostram que plantas de girassol apresentaram uma acentuada redução da matéria seca da parte aérea e das raízes em plantas nutridas com  $\text{NO}_3^-$  do que com  $\text{NH}_4^+$  ambas em ambientes salinos (ASHRAF; SULTANA, 2000).

Biscaro et al. (2008) observou diferenças na produção de massa seca quando aplicou diferentes doses de nitrogênio em cobertura (0 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) sobre a cultura do girassol em condição de campo, onde obtiveram incremento na massa seca das folhas, caule e variáveis de produção, sendo alcançando com a dose de 55 kg ha<sup>-1</sup> de N a máxima eficiência para produção. Ainda os mesmos autores, obtiveram aumento no peso de 1.000 aquênios de girassol cultivado sob plantio direto na palha quando da aplicação de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A comparação entre a estimativa da massa de 1000 aquênios favorece a avaliação dos níveis de produtividade do ponto de vista do óleo extraído dos aquênios, uma vez que segundo Grandó (2005) o girassol oferece cerca de 40 a 55% de óleo, dependendo do híbrido e das condições ambientais, porém, esses percentuais de óleo é bastante divergentes entre os autores.

A Figura 8 esta representada pela superfície de resposta da quantidade de sementes chochas do girassol BRS cv. 324 em função dos níveis de salinidade na água de irrigação e doses de nitrogênio. Podemos observar um decréscimo do percentual de sementes chochas quando se eleva a dosagem de nitrogênio e reduz a concentração de sais na água, com percentuais de 2,3%, porém, quando não há adubação com nitrogênio e as plantas cultivadas com água salina (6,4 dS m<sup>-1</sup>) esses percentuais obtiveram valores máximos de 4,4%. Verifica-se ainda que o modelo matemático que mais se adequou foi o linear com coeficiente de determinação de 0,99.

**Figura 8** – Superfície de resposta do percentual de sementes chochas do girassol, cv. BRS 324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



$$Z = 3,42 + 0,1928X - 0,0176Y - 0,000072Y^2$$

$$R^2 = 0,99$$

Silva et al. (2011) reportam que a produção de sementes chochas está bastante relacionada com a localização na inflorescência, no centro, onde a má formação das sementes provavelmente está associada a inadequadas conexões vasculares que restringem o abastecimento de água e assimilados.

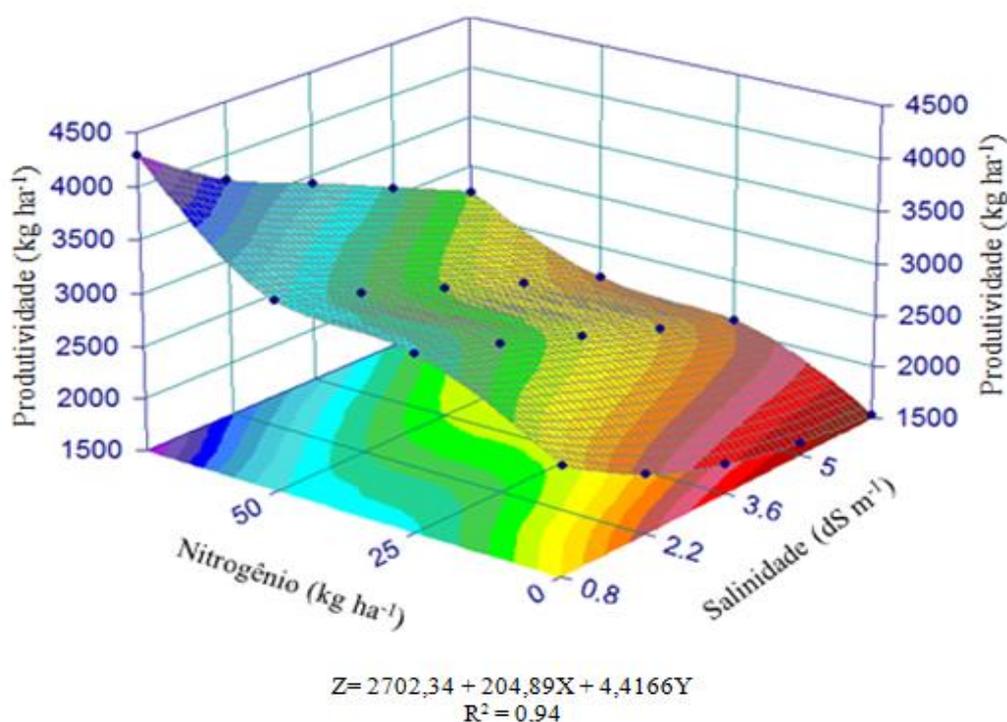
Corroborando com o presente estudo, Lima et al. (2012) em trabalho com mamona, também verificaram redução da massa de sementes do racemo secundário (MSemRS) em função do aumento da CEa, indicando que houve decréscimos de 17% na massa de sementes do racemo secundário quando submeteram-se as plantas a salinidade da água de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação as plantas cultivadas sob salinidade de 0,4 dS m<sup>-1</sup>.

Segundo Cordão Sobrinho et al. (2007), a menor absorção de água pelas plantas pode ter acarretado diminuição na produção das plantas devido à diminuição do potencial total de água no solo decorrente do acúmulo de sais ocasionado pela irrigação com água salina acrescida, pois segundo Larcher (2000) durante a fase embrionária, período entre a fertilização e a maturação da semente, alterações dos fatores ambientais

favoráveis ao desenvolvimento da planta podem acarretar na diminuição do estoque de carboidratos, lipídios e proteínas e substâncias minerais nos tecidos embrionários e no endosperma das sementes.

Segundo modelo matemático linear, o que mais se ajustou para a produtividade média do girassol BRS cv, 324, submetido a diferentes níveis de irrigação com água salina e doses de nitrogênio, apresentando um coeficiente de determinação de 0,94, (Figura 9). Verifica-se que a produtividade foi máxima (4350 kg ha<sup>-1</sup>) quando interagiu a menor concentração salina (0,8 dS m<sup>-1</sup>) e maior quantidade de nitrogênio (75 kg ha<sup>-1</sup>). Observa-se também que ocorreu um decréscimo na produtividade de 64,8% quando as plantas foram irrigadas com água salina de 6,4 dS m<sup>-1</sup> e sem adubo nitrogenado.

**Figura 9** – Superfície de resposta da produtividade do girassol, cv. BRS324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



Travassos et al. (2011), após conduzir experimento em casa de vegetação com o girassol cv. Embrapa 122/V-2000 sob irrigação com águas de diferentes salinidades (0,5 a 5,0 dS m<sup>-1</sup>), constatou que a produção de aquênios decresceu 10,6 % por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Desta forma, estes resultados podem ser considerados consistentes e confirmam informações de Santos e Carlesso (1998), ao afirmarem que a diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos que estão

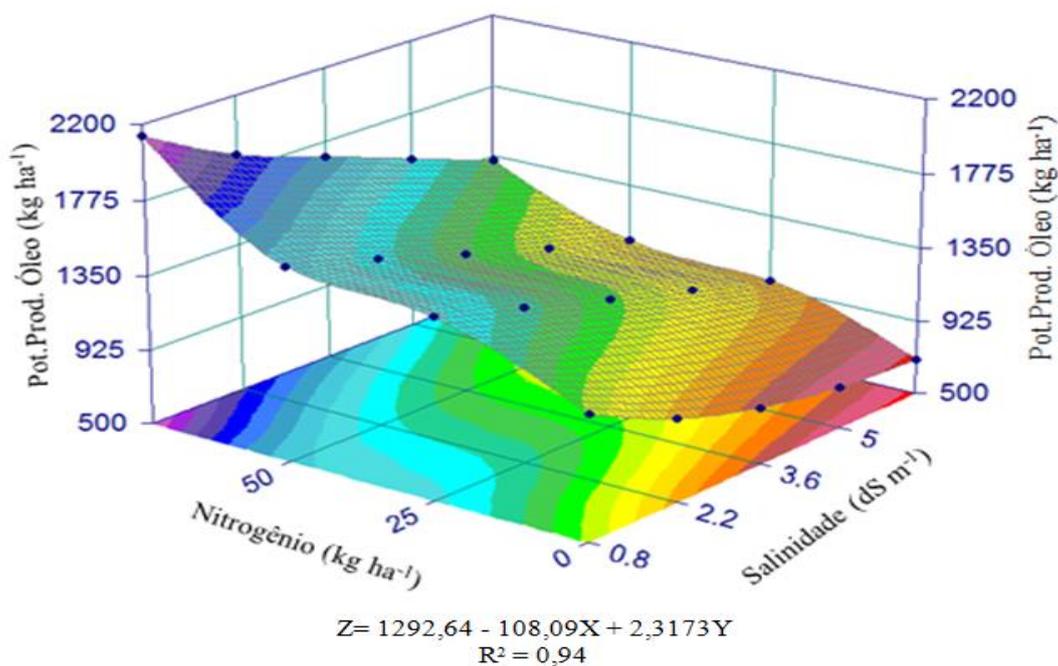
relacionados ao crescimento, ao desenvolvimento e a produtividade dos vegetais, enquanto que outros são relativamente insensíveis.

O nitrogênio desempenha importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol, e a sua deficiência causa a desordem nutricional. Este nutriente é o que mais limita a produção do girassol, pois 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.

Flores et al. (2001) destacaram que 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, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, 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).

Analisando a Figura 10, pela superfície de resposta do potencial produtivo de óleo do girassol, podemos constatar que o potencial produtivo de óleo obteve valor máximo ( $2100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) no tratamento S1N4 ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e, quando utilizou-se S5N1 ( $6,4 \text{ dS m}^{-1}$  e sem adubação nitrogenada) o potencial produtivo de óleo foi mínimo ( $720 \text{ kg ha}^{-1}$ ), havendo uma redução de 91%. Ainda na mesma figura, podemos verificar que o modelo matemático que mais se ajustou foi o linear, com coeficiente de determinação de 0,94.

**Figura 10** – Superfície de resposta do potencial de produção de óleo do girassol, cv. BRS324, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



Resultados semelhantes foram obtidos por Sezen *et al.* (2011), ao verificarem que os rendimentos de sementes na cultura do girassol diminuíram com o aumento do nível de estresse. Segundo estes autores, o rendimento de sementes de girassol variou consideravelmente devido às diferenças no conteúdo de água do solo em resposta à irrigação com água salina ocorridas ao longo do período experimental.

## 3.2 Milho

### 3.2.1 Primeiro ciclo

O resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha e sabugo ( $MS_{PS}$ ) e produtividade do milho cv. AG1051 podem ser observados na Tabela 10. Pelos resultados apresentados, verificou-se efeito significativo entre blocos, dos níveis de sais no solo (S) e doses de nitrogênio (N) e na interação entre os fatores (S x N). Nesse sentido de efeito significativo nas interações revela dependência entre estes fatores.

**Tabela 10** – Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade ( $PROD$ ), do milho, AG105, em resposta ao efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogênio.

FV	G.L	Quadrados Médios					
		$MS_F$	$MS_C$	$MS_{PS}$	$MS_T$	$MM_G$	$PROD$
<b>Blocos</b>	4	12,78**	40,53**	174,21**	0,8343**	153,70**	243515,60**
<b>Trat-a (S)</b>	4	25,25**	121,52**	31,06**	0,8367**	813,08**	357299,73**
<b>Resíduo-a</b>	16	0,00065	0,0020	0,0088	0,00004	0,0077	18,84
<b>Trat-b (N)</b>	3	809,18**	6597,32**	9351,06**	92,4239**	9992,74**	2122617,46**
<b>Int. (SxN)</b>	12	0,1098**	0,3331**	0,4722**	0,0046*	0,5046**	1642,19**
<b>Resíduo-b</b>	60	2,69	3,73	7,11	0,0186	7,32	18444,23
<b>CV (S)%</b>		5,78	6,41	5,89	8,54	11,35	10,57
<b>CV(N)%</b>		9,2	8,5	8,9	10,4	11,8	13,4

De acordo com a Tabela 11, observamos que para todas as variáveis ocorreu uma redução de seus valores médios quando interagiu a menor concentração de sais residuais e com máxima dose de nitrogênio comparado ao maior nível salino e sem aplicação de nitrogênio. Essa redução de 41% ( $MS_F$ ); 42,2 ( $MS_C$ ); 42% ( $MS_{PS}$ ); 43% ( $MS_T$ ) e 24% ( $MM_G$ ).

Ainda na mesma Tabela averigou-se que dentre cada tratamento primário ocorreu um aumento no incremento dos valores de todas as variáveis quando aumenta a dosagem de nitrogênio, pois quando as plantas foram cultivadas em solo com menor concentração residual de sais e máxima quantidade de N aplicado apresentaram incrementos na ordem de 31% ( $MS_F$ ); 63% ( $MS_C$ ); 36% ( $MS_{PS}$ ); 46% ( $MS_T$ ) e 12% ( $MM_G$ ), comparado com o tratamento sem adubação nitrogenada. Quando observamos o máximo efeito residual nos dois extremos da adubação nitrogenada (0 e 325,5 kg ha<sup>-1</sup>) constatamos incrementos de 47% ( $MS_F$ ); 45% ( $MS_C$ ); 46 % ( $MS_{PS}$ ); 46,7 % ( $MS_T$ ) e 13% ( $MM_G$ ).

**Tabela 11**– Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogênio.

Salinidade ( $dS\ m^{-1}$ )	Nitrogênio ( $kg\ ha^{-1}$ )	$MS_F$	$MS_C$ ( $g\ Planta^{-1}$ )	$MS_{PS}$	$MS_T$ ( $kg\ ha^{-1}$ )	$MM_G$ (g)
0,8	0,0	15,94bD	44,71bD	78,46bC	5933,23bC	272,60bD
	108,5	16,55bC	57,94bC	84,42bC	6897,11bC	283,20bC
	217,0	17,96abB	62,87abB	91,61abB	7484,6abB	293,00abB
	325,5	20,87aA	73,04aA	106,44aA	8695,69aA	306,40aA
2,2	0,0	13,67bD	47,85bC	69,72abD	5695,9bD	261,69bD
	108,5	15,89bC	55,62bB	81,05abC	6621,22abC	271,87bC
	217,0	17,24bB	60,36abB	87,95abB	7185,21abB	281,28bB
	325,5	20,04abA	70,12abA	102,18abA	8347,86abA	204,14abA
3,6	0,0	13,12cD	45,93bD	66,93bD	5468,07cD	251,22cD
	108,5	15,26cC	53,39bC	77,80bC	6356,37bC	260,99bcC
	217,0	16,56bcB	57,94bB	84,43bB	6897,81bB	270,02bcB
	325,5	19,23bA	67,32bA	98,09bA	8013,95bA	282,37bA
5,0	0,0	12,60dD	44,10bcD	64,25cD	5249,35cD	241,17dD
	108,5	14,65cC	51,26bC	74,69bC	6102,12bC	250,55bcC
	217,0	15,89cB	55,62bB	81,05bB	6621,89bB	259,22bcB
	325,5	18,46bcA	64,63bA	94,17bA	7693,39bA	271,08bcC
6,4	0,0	12,09eD	42,33cD	61,68cD	5039,37cD	231,53eD
	108,5	14,06dC	49,21bC	71,70bC	5858,03bC	240,53dC
	217,0	15,26cB	53,40bB	77,81bB	6357,02bB	248,85bcB
	325,5	17,73bcA	62,04bA	90,40bA	7385,65bA	260,23bcA

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade.

Estes resultados mostraram uma resposta típica de glicófitas à salinidade mesmo com pouca influência do sais na produção de massa seca, tendo apresentado um significativo decréscimo da matéria seca dos diversos órgãos das plantas (KATERJI et al. 1996; AZEVEDO NETO et al. 2004). Tais resultados são condizentes com os encontrados por Lacerda et al. (2003) que constataram a influência negativa dos tratamentos salinos para esta variável de produção de massa seca em ambos os genótipos de sorgo estudados.

A ação desses sais pode ir além de uma simples diminuição no potencial de água no solo a uma lesão celular causado pelo estresse oxidativo em plantas (GARCIA et al. 2007b), e esses efeitos em conjunto resultará em redução da produtividade (FERREIRA et al, 2007.; AGUIAR NETO et al, 2008.; BLANCO et al. 2008).

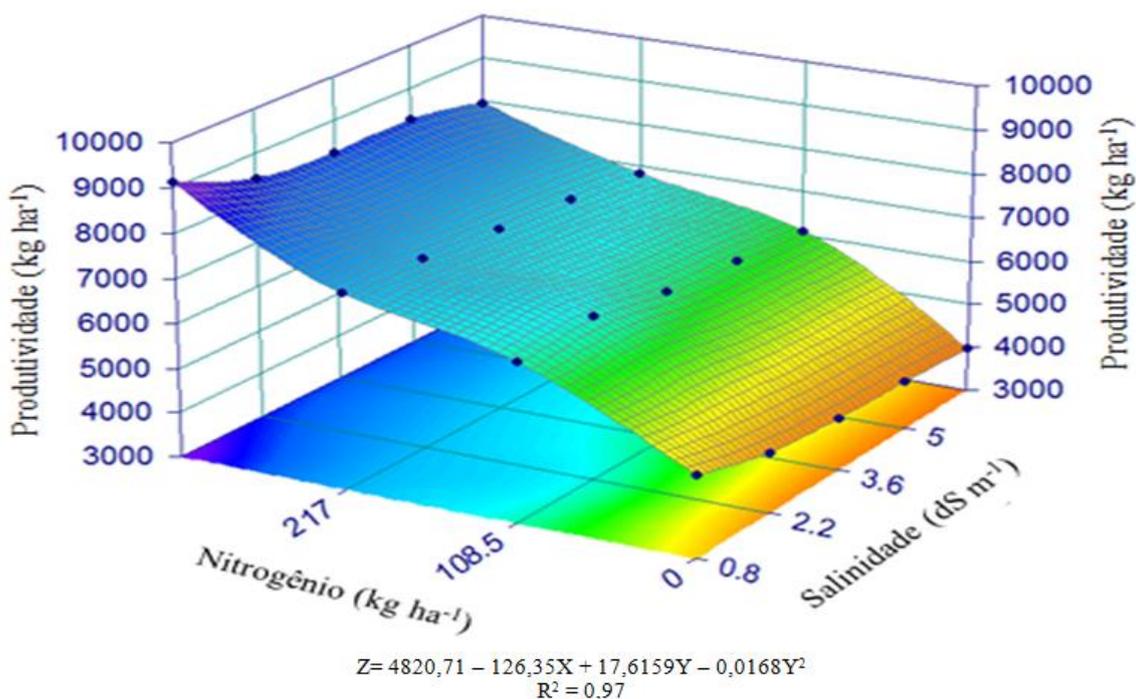
Para Larcher (2000), a intensidade da salinidade como fator de estresse sobre o protoplasma não é definida pela quantidade absoluta de sal, mas sim por sua concentração. Se o volume celular aumenta proporcionalmente à absorção de sal (conforme a célula absorve água), aumentando a sua suculência, a concentração de sais pode ser mantida constante por extensos períodos, o que não foi verificado nos genótipos de sorgo estudados. Isso evidencia que o mecanismo de retenção de íons nos colmos e bainhas de plantas de sorgo evita o acúmulo excessivo nos tecidos foliares, o que acarreta um certo grau de desidratação foliar.

Os resultados do efeito residual da salinidade evidenciam que a aplicação de água salina pode promover um aumento nos valores de condutividade elétrica e de percentagem de sódio trocável em níveis que podem provocar a degradação do solo e prejudicar o desenvolvimento das culturas (RICHARDS, 1954; SANTOS; HERNANDEZ, 1997; AYERS; WESTCOT, 1999). No entanto, o uso de estratégias de manejo como a aplicação alternada de águas de baixa e alta salinidade ao longo do ciclo da cultura pode reduzir o impacto sobre o solo (MURTAZA et al. 2006).

Em todos os casos, a influência das chuvas (SHARMA; RAO, 1998; ASSIS JÚNIOR et al. 2007) e a aplicação de corretivos químicos (SANTOS; HERNANDEZ, 1997; GOMES et al. 2000; BARROS et al. 2005; COSTA et al. 2005; MURTAZA et al. 2006) também devem ser consideradas no desenvolvimento de estratégias de longo prazo, notadamente quando as condições de drenagem são favoráveis, porém, ainda são onerosas. Vimos que as precipitações juntamente com as irrigações foram suficientes na lixiviação dos sais para camadas mais profundo do solo. Porém, a diferenciação de massa entre os tratamentos se deve a tempo que de ocorrência da lixiviação dos sais, pois acreditamos que durante a fase de crescimento ainda os teores dos sais no solo permaneciam elevados. Outro fator que teve grande influencia na diferenciação matéria seca entres os tratamentos foi a aplicação de nitrogênio.

Por meio da superfície de resposta da produtividade do milho sob efeito residual dos sais no solo e doses de nitrogênio (Figura 11), verificamos que houve um aumento substancial na ordem de 130% quando comparamos a mínima com a máxima produtividade, entres os tratamentos ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $325,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) e ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e sem adubação nitrogenada). Observou-se ainda que o efeito residual teve pequena contribuição na produtividade do milho comparado ao efeito do nitrogênio e que o modelo matemático linear foi o que ajusto-se para a produtividade nos tratamentos aplicados.

**Figura 11** – Superfície de resposta da produtividade do milho, AG1051, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



Murtaza et al. (2006) também constataram pouca influência da irrigação com água salina no cultivo do algodão na estação seca, em um sistema de rotação cultural com trigo irrigado com água de baixa salinidade na estação chuvosa. De acordo com Karteji et al. (2000), Santos et al. (2005) e Assis Júnior et al. (2007), tal ocorrência é atribuída à lixiviação dos sais, além da zona radicular da cultura, o excedente da água de irrigação lixívia o excesso de sais do perfil do solo, resultando em menor efeito deletérico da salinidade no ambiente radicular, o que favorece o crescimento e o desenvolvimento da cultura.

Em estudos realizados sob condições de cultivo rotacionado com feijão-caupi e milho (híbrido AG 1051) durante aproximadamente sete meses, em Fortaleza-CE, Bezerra et al. (2010) observaram que durante a estação chuvosa, as precipitações pluviométricas foram decisivas na remoção de sais de um Argissolo Vermelho Amarelo. Embora se perceba que solos de textura arenosa apresente facilidade para lixiviação de sais, essa condição é dependente da adequação de técnicas a cada tipo de solo conforme foi observado por Assis Júnior et al. (2007), cultivando feijão-caupi no município de Fortaleza-CE.

A salinidade do solo, representada pela condutividade elétrica do extrato de saturação, foi incrementada durante o primeiro cultivo do girassol, embora a ocorrência

de elevada pluviosidade tenha contribuído para mantê-la abaixo da máxima salinidade da água de irrigação; picos de salinidade inferior à salinidade mínima nas camadas 0 – 0,30 e 0,30 – 0,60 m observados durante o experimento. O resultado da lixiviação dos sais do solo em decorrência de pluviosidade corrobora com (MURTAZA et al. 2006; ASSIS JÚNIOR et al. 2007; BEZERRA et al. 2010).

O milho sendo uma gramínea, possui relação C/N superior às leguminosas. Dessa forma, sua palhada possui uma velocidade de decomposição mais lenta, permanecendo sobre a superfície do solo por um período mais longo, protegendo este das condições ambientais, como a erosão hídrica, que ocasionaria redução da sua capacidade produtiva. De acordo com SILVA et al. (2007), para assegurar a sustentabilidade, é de fundamental importância a associação de um sistema de rotação de culturas diversificado que produza adequada quantidade de resíduos culturais na superfície do solo, pois, segundo SPERA et al. (2009), o uso intensivo do solo promove elevada retirada de nutrientes e decomposição da palhada.

### 3.2.2 Segundo ciclo

Na Tabela 12, tem-se o resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha e sabugo ( $MS_{PS}$ ) e produtividade do milho cv. AG1051. Verifica-se que ocorreu a inferência estatística a níveis de 1 e 5% para blocos, tratamento primário, secundário e na interação dos mesmos (S x N), em todas as variáveis analisadas.

**Tabela 12** - Resumo das análises das variâncias para os dados de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogênio.

FV	G.L	Quadrados Médios					
		$MS_F$	$MS_C$	$MS_{PS}$	$MS_T$	$MM_G$	PROD
<b>Blocos</b>	4	18,34**	65,3**	196,42**	0,946**	186,35**	34483,12**
<b>Trat-a (S)</b>	4	56,2**	164,8**	63,84**	0,657**	943,29**	3893,21**
<b>Resíduo-a</b>	16	0,0046	0,0040	0,0063	0,00002	0,00032	12,61
<b>Trat-b (N)</b>	3	995,32**	7683,51**	1032,02**	99,54**	8674,42**	31023,72**
<b>Int. (SxN)</b>	12	34,10**	5,42**	0,748**	0,457*	0,8459**	1843,14**
<b>Resíduo-b</b>	60	0,69	0,34	0,0001	0,006	0,002	1,89
<b>CV(S)%</b>		8,32	3,73	5,89	10,73	11,35	14,64
<b>CV(N)%</b>		12,6	6,7	8,9	14,6	15,4	16,5

Analisando a Tabela 13, podemos constatar que na interação do menor efeito residual dos sais e dose de N mais elevada proporcionou os máximos valores para todas as variáveis estudadas na cultura do milho. Esses valores foram reduzidos, de tal forma que apresentam percentuais de 33% ( $MS_F$ ); 34,4 ( $MS_C$ ); 34% ( $MS_{PS}$ ); 35% ( $MS_T$ ) e 15% ( $MM_G$ ), comparado a plantas de milho cultivadas em solo com maior efeito residual de sais ( $6,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) e quando não adubadas com nitrogênio.

Também quando analisamos dentro de cada tratamento com seus respectivos efeitos residuais observamos que há um aumento nos valores médios em todas as variáveis quando se aumenta a quantidade de N nas plantas, demonstrando o efeito do nitrogênio nos diversos níveis salinos.

**Tabela 13** – Valores médios de massa seca das folhas ( $MS_F$ ), massa seca do caule ( $MS_C$ ), massa seca da palha + sabugo ( $MS_{PS}$ ), massa seca total ( $MS_T$ ), massa de mil grãos ( $MM_G$ ) e produtividade (PROD), do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.

Salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	$MS_F$	$MS_C$ ( $\text{g Planta}^{-1}$ )	$MS_{PS}$	$MS_T$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	$MM_G$ (g)
0,8	0,0	22,17bD	55,24bD	96,93bD	7330bcD	308,8bD
	108,5	20,91bC	73,18bC	106,64bC	8712,16bC	320,8 bC
	217,0	22,84abB	79,94abB	116,48abB	9515,95abB	332abB
	325,5	26,3aA	92,27aA	134,45aA	10984,35aA	347,2aA
2,2	0,0	17,89abD	62,62bD	91,25abC	7454,7bcD	305,6bD
	108,5	20,70abC	72,45bC	105,57abC	8625,03bC	317,6bC
	217,0	22,61abB	79,14bB	115,3abB	9420,79bB	328,8bB
	325,5	26,10abA	91,35bA	133,11abA	10874,51abA	343,2abA
3,6	0,0	17,71abD	61,99cD	90,33abD	7380,15cD	302,4bD
	108,5	20,49abC	71,73cC	104,52abC	8538,78bC	314,4bC
	217,0	22,38abB	78,34bcB	114,16abB	9326,31bB	325,6bB
	325,5	25,84abAc	90,43bA	131,78abA	10765,76abA	340,0abA
5,0	0,0	17,54bD	61,37dD	89,43bD	7306,35cD	299,2cD
	108,5	20,29bC	71,01cC	103,47bC	8453,4bC	31,2bC
	217,0	22,16bB	77,56cB	113,02bB	9233,31bB	321,6bB
	325,5	25,58bA	89,53bcA	130,46bA	10658,1bA	336,8bA
6,4	0,0	17,36cD	60,76eD	88,54cD	7233,28cD	296,8dD
	108,5	20,09bC	70,30dC	102,44cC	8368,86cC	308,cC
	217,0	21,94bB	76,79cB	111,89bB	9140,98cB	318,0bcB
	325,5	25,32bA	88,63bcA	129,15bA	10551,52bA	333,6bcA

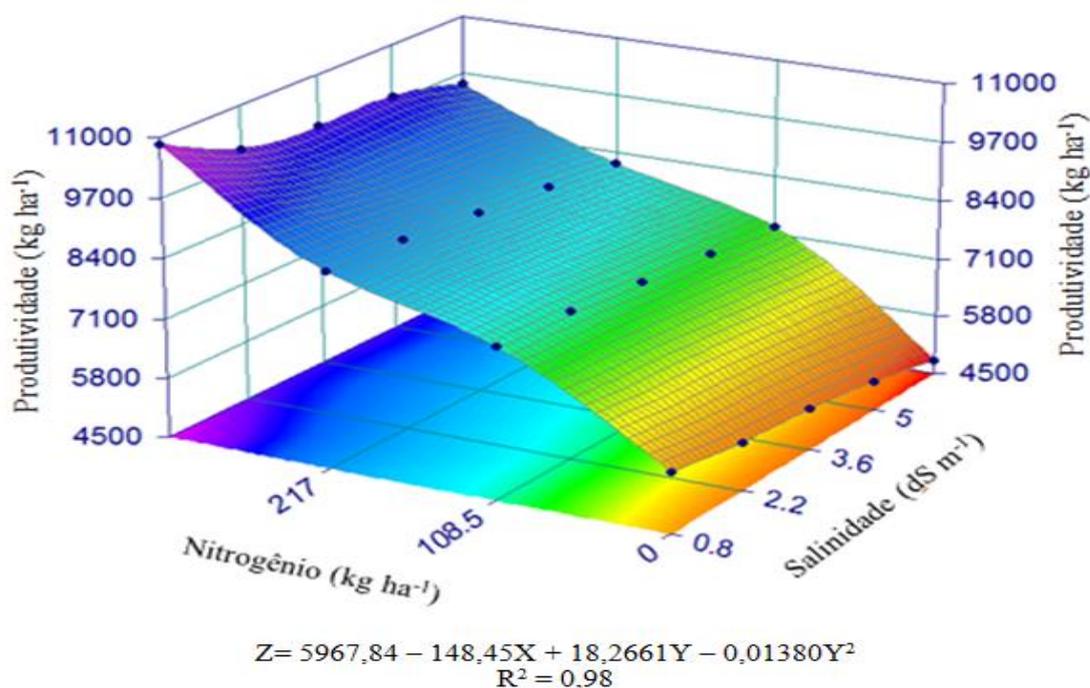
Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos resultados acima podemos ver que a dosagem de nitrogênio teve maior contribuição da diferenciação dos tratamentos do que o efeito residual dos sais. Foi observado neste trabalho, um aumento da fitomassa seca e no peso dos grãos em função

do aumento da dose de nitrogênio. Resultados semelhantes foram encontrados em diferentes espécies tais como milho, trigo, tomate, ervilha e álamo (LEWIS; LEIDI; LIPS, 1989; MAGALHÃES; HUBER, 1989; FRECHILLA et al. 2001; MISRA; GUPTA, 2006; DLUZNIIEWSKA et al. 2007).

Na Figura 12, podemos ver que há um efeito linear na produtividade do milho em função da salinidade e do nitrogênio. Portanto, verificamos que quando o milho foi cultivado sem adubação nitrogenada, no maior resíduo de sal no solo a produtividade foi mínima ( $4800 \text{ kg ha}^{-1}$ ), comparado com dose máxima de nitrogênio ( $325,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ) e menor efeito residual de sal alcançando uma produtividade máxima de  $10846 \text{ kg ha}^{-1}$ , um incremento de 126% na produtividade de grãos de milho. Ainda podemos verificar que os efeitos residuais dos sais no solo, influenciou menos que a dosagem de nitrogênio, na variável em questão. Observamos ainda que o efeito residual teve pouca contribuição na produtividade do milho, mas mesmo assim demonstra o grau de dependência entre os fatores estudados.

**Figura 12** – Superfície de resposta da produtividade do milho, AG1051, em função da irrigação com água salina e doses de nitrogenadas.



É importante ressaltar que a lixiviações dos sais ocorreu durante todos os ciclos e que a presença deles no solo principalmente nas fases iniciais, contribuíram para causar efeito negativo na cultura do milho. Portanto, ao final dos ciclos a concentração dos sais se tornaram baixas. Semelhante resultados foram obtidos por Murtaza et al.

(2006) e Bezerra et al. (2010), estudando os sistemas de rotação de culturas em algodão/trigo e feijão caupi/milho, respectivamente, ambos irrigadas com água de baixa e alta salinidade.

Segundo a FAO (1998), em presença de sais a cultura de milho mantém níveis de produção aceitáveis até a um limiar em que a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na zona das raízes atinge  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ , no presente estudo os valores de CEes permaneceram abaixo da salinidade limiar, durante a estação chuvosa.

Sabemos que decréscimos nas produções ocorrem de modo diretamente proporcional aos acréscimos de salinidade (relação linear), a uma taxa expressa pelo declive da reta, em que por cada  $\text{dS m}^{-1}$  de aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação há um decréscimo na produção. Diversos trabalhos são encontrados na literatura a respeito dos parâmetros de produção e produtividade da cultura do milho (PAIVA JÚNIOR et al. 2001, CARDOSO et al. 2003, SANTOS et al. 2005, BISCARO et al. 2008, MOURA et al 2006).

Para o nitrogênio, a maioria dos componentes de produção, foram afetados o que concorda com Cobucci (1991) onde relata que o nitrogênio é um dos nutrientes que proporciona os maiores efeitos nos componentes de produção e produtividade da cultura do milho, interferindo em diversas características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento. Sandini et al. (2011) também observou efeito residual do nitrogênio nos componentes de produção da cultura do milho em Guarapuaca-PR.

Segundo Lacerda et al. (2003), em pesquisa sobre a produtividade do sorgo, infere-se que as lixiviação reduziram os sais do solo evitando que as plantas entrassem em estresse osmótico pela toxidez e sofressem desbalanço nutricional, abertura estomática modificada, afetando diretamente a assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , reduzindo conseqüentemente, a área destinada à fotossíntese e a produção total de fotoassimilados.

Esse resultado concorda com aquele obtido por Assis Júnior et al. (2007) e Bezerra et al. (2010). Embora a literatura faça referência aos efeitos da salinidade na nutrição mineral das plantas, são observadas respostas bastante variáveis e complexas (LACERDA, 2005). As respostas podem variar em função do tipo de planta, do nível salino e da concentração de nutrientes no solo e na planta. Além disso, o estágio de desenvolvimento da planta e a duração do estresse podem alterar a quantidade de minerais extraídos do solo. É importante observar que o menor crescimento e produção é resultante da menor extração de nutrientes pelas plantas, favorecendo a lixiviação dos

mesmos e a contaminação do lençol freático, conforme observado por Neves et al. (2009).

Tais resultados mostram, ainda, a viabilidade do sistema de rotação de culturas nas condições edafoclimáticas da região, indicada pelas boas produtividades obtidas nos cultivos do girassol e do milho e pela pequena influência da salinidade e da adubação nitrogenada sobre o solo e sobre os cultivos, especialmente com a ocorrência de elevados índices pluviométricos. Bezerra et al. (2010) recomendam que estudos a longo prazo são necessários, não só para se estudar os efeitos benéficos do sistema de rotação cultural, mas também os efeitos acumulativos dos sais sobre as propriedades do solo e sobre a produtividade vegetal

### **3.3 Análise econômica**

Na Tabela 14 tem-se a demonstração do material e da mão de obra necessários para a instalação de um hectare de girassol em sistema irrigado por gotejamento utilizando água salina, em espaçamento de 0,8 x 0,3 m, totalizando 41.666 plantas. Observa-se que a quantidade de ureia representa a dosagem máxima de 75 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Esses componentes de despesas com insumos e mão de obra exigidos diferem entre os tratamentos apenas na quantidade de nitrogênio aplicado tendo como fonte da ureia (0; 55,55; 111,11 e 166,66 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 14** – Custo de produção de 1,0 ha de girassol utilizando sistema de irrigação por gotejamento irrigado com água salina e dosagem máxima de nitrogênio

<b>1. INSUMOS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Sementes	kg	18	8,00	144,00
Calcário	T	2	30,00	60,00
<b>FERTILIZANTES</b>				
Uréia	kg	166,66	2,10	349,99
Superfosfato simples	kg	388,89	1,45	563,89
Cloreto de Potássio	kg	100	2,00	200,00
Boráx	kg	6	4,00	24,00
FTE 12	kg	50	2,00	100,00
<b>AGROTÓXICOS</b>				
Formicida	kg	1	8,50	8,50
Fungicida	L	1	0,00	0,00
Inseticida	L	2	35,00	70,00
Espalhante adesivo	L	0,6	9,00	5,40
Energia Elétrica	kwh	400	0,27	108,00
<b>2. MECANIZAÇÃO</b>				
Roçagem	H/M	1	80,00	80,00
Subsolagem		1	80,00	80,00
Gradagem/calagem		2	80,00	160,00
<b>SUB TOTAL INSUMOS E MECANIZAÇÃO</b>	<b>R\$</b>			<b>1.953,78</b>
<b>3. MÃO-DE-OBRA VARIÁVEL</b>				
Adubação de plantio	D	1,5	40,00	60,00
Semeadura/replante	D	1,5	40,00	60,00
Capinas manuais	D	10	40,00	400,00
Irrigação	D	76	8,00	608,00
Pulverização costal	D	2	40,00	80,00
Serviços gerais	D	1	40,00	40,00
<b>4.EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO</b>				
Sistema de irrigação	d/H	1	3750,00	3750,00
Depreciação do conjunto de irrigação <sup>1</sup>		1	297,00	297,00
Outorga d'água <sup>2</sup>	UD	0	0,00	0,00
<b>SUB TOTAL SERVIÇOS</b>	<b>R\$</b>			<b>5.295,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>			<b>7.248,78</b>

<sup>1</sup> Foi considerado o sistema de gotejamento com valor inicial de R\$ 3750,00 valor final de R\$ 800,00 e vida útil de 10 anos.

<sup>2</sup> Não foram considerados os custos referentes a outorga d'água porque a área outorgável é muito variável em função do projeto de demanda d'água, como também o prazo para renovação da outorga (seis anos) é superior ao ciclo da cultura. Normalmente o custo médio por projeto é de R\$ 1.000,00

O detalhamento das despesas com sementes e outros insumos para o processo contínuo, foi organizada multiplicando-se cada insumo pelo respectivo preço em moeda nacional. Foi considerada depreciação linear, de 7,92% ao ano sobre o total de investimentos no sistema de irrigação.

Quanto ao capital de giro, levou-se em consideração o investimento em capital necessário para cobrir os custos operacionais de cada tratamento analisado “cenários”. Assim, foi procedida duas etapas de análises desenvolvidas para avaliar os índices de rentabilidade da produção do cultivo rotacional (girassol/milho) submetido à irrigação com água salina e doses de nitrogênio. A primeira etapa partiu dos fluxos de caixa (entradas e saídas) de cada cenário analisado e, segunda etapa a obtenção da relação benefício/custo (B/C), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Os custos de instalação para um hectare de milho com irrigação suplementar, em sistema de rotação de cultura com girassol, em espaçamento 0,8 x 0,3 m, totalizando 41666 plantas por hectare, em função de diferentes níveis de resíduo salino no solo e doses de nitrogênio, podem ser observados na Tabela 15.

**Tabela 15** – Custo de produção de 1,0 ha de milho utilizando irrigação suplementar em função do resíduo de sais no solo e sem aplicação de nitrogênio.

<b>1. INSUMOS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Sementes	kg	23	12,00	276,00
Calcário	T	0	30,00	0,00
<b>FERTILIZANTES</b>				
Uréia	kg	723,33	2,10	1518,99
Superfosfato simples	kg	233,33	1,45	338,33
Cloreto de Potássio	kg	261,67	2,00	523,34
Boráx	kg	0	4,00	0,00
FTE 12	kg	40	2,00	80,00
<b>AGROTÓXICOS</b>				
Formicida	kg	1	8,50	8,50
Fungicida	L	0	0,00	0,00
Inseticida	L	2	35,00	70,00
Espalhante adesivo	L	0,6	9,00	5,40
Energia Elétrica	kwh	400	0,27	108,00
<b>2. MECANIZAÇÃO</b>				
Roçagem	H/M	0	80,00	0,00
Subsolagem		0	80,00	0,00
Gradagem/calagem		0	80,00	0,00
<b>SUB TOTAL INSUMOS E MECANIZAÇÃO</b>	<b>R\$</b>			<b>2.996,56</b>
<b>3. MÃO-DE-OBRA VARIÁVEL</b>				
Adução de plantio	D	1,5	40,00	60,00
Semeadura/replante	D	1,5	40,00	60,00
Capinas manuais	D	10	40,00	400,00
Irrigação	D	40	8,00	320,00
Pulverização costal	D	2	40,00	80,00
Serviços gerais	D	1	40,00	40,00
<b>4.EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO</b>				
Sistema de irrigação	d/H	0	3750,00	0,00
Depreciação do conjunto de irrigação		1	297,00	297,00
Outorga d'água	UD	0	0,00	0,00
<b>SUB TOTAL SERVIÇOS</b>	<b>R\$</b>			<b>1.257,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>			<b>4.253,56</b>

A variação de custos para componentes de despesas com insumos e mão-de-obra exigida difere entre os tratamentos, se resume apenas na quantidade de nitrogênio aplicado tendo como fonte de ureia (0; 241,11; 482,22 e 723,33 kg ha<sup>-1</sup>).

Com base nos índices acima citados, foram montados os fluxos de caixa para cada cenário, tendo como o ponto de partida das análises, a utilização de parâmetros consultados em fontes de dados secundários (preços vigentes atualmente, dimensão atual do mercado).

Portanto, mesmo com a análise de todos os cenários, serão apresentados os fluxos de caixa para apenas os tratamentos extremos, T1, T4, T17 e T20 (0,8 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada; 0,8 dS m<sup>-1</sup> e máxima dose de N; 6,4 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada; 6,4 dS m<sup>-1</sup> e máxima dose de N), respectivamente, sendo que a dosagem máxima é equivalente para cada cultura. Os demais fluxos de caixas encontram-se no Anexo.

Os fluxos de caixa, que representam as estimativas de entradas (receitas) e saídas (despesas) de recursos monetários em determinados projetos produtivos ao longo do tempo, no caso empreendimento agrícola são apresentados para cada arranjo, com fator de desconto de 2% ao ano.

Nas tabelas 16,17, 18 e 19 estão representadas pelos fluxos de caixa dos respectivos tratamentos (T1, T4, T17 e T20), com todos os custos oriundos das atividades desenvolvidas, de acordo com seu cenário respectivo, tais como: custos de implantação e insumos, mão de obra, condução e colheita das culturas de girassol e milho, além, dos custos anuais de depreciações relacionados à equipamentos.

**Tabela 16** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 1\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)**	Valores Atualizados (reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	10.000,000	-	1,0000	10.000	-
1	9701,359	-	6481,4019	0,9804	9511,14	6354,32
2	5551,359	-	7887,764	0,9612	5335,79	7581,47
3	5551,36	-	7887,76417	0,9423	5231,17	7432,82
4	5551,36	-	7887,76417	0,9238	5128,60	7287,07
5	5551,36	-	7887,76417	0,9057	5028,04	7144,19
6	5551,36	-	7887,76417	0,8880	4929,45	7004,11
7	5551,36	-	7887,76417	0,8706	4832,79	6866,77
8	5551,36	-	7887,76417	0,8535	4738,03	6732,13
<b>Total</b>	<b>58560,87</b>		<b>61695,7511</b>		<b>-54735,00</b>	<b>56402,88</b>

\*Tratamento 1 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 17** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 4\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados (reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	12000,00	-	1,0000	12000,00	-
1	11570,338	-	12316,582	0,9804	11343,47	12075,08
2	7420,338	-	13651,343	0,9612	7132,20	13121,24
3	7420,34	-	13651,3432	0,9423	6992,35	12863,97
4	7420,34	-	13651,3432	0,9238	6855,25	12611,73
5	7420,34	-	13651,3432	0,9057	6720,83	12364,44
6	7420,34	-	13651,3432	0,8880	6589,05	12122,00
7	7420,34	-	13651,3432	0,8706	6459,85	11884,32
8	7420,34	-	13651,3432	0,8535	6333,19	11651,29
<b>Total</b>	<b>75512,70</b>		<b>107875,984</b>		<b>-70426,18</b>	<b>98694,07</b>

\*Tratamento 4 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e adubação nitrogenada de 75,0 e 325,5 kg ha, respectivamente.

**Tabela 18** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 17\*.

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados (reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	10000,000	-	1,0000	10000,00	-
1	9701,359	-	5180,384	0,9804	9511,14	5078,81
2	5551,359	-	5933,159	0,9612	5335,79	5702,77
3	5551,36	-	5933,15901	0,9423	5231,17	5590,95
4	5551,36	-	5933,15901	0,9238	5128,60	5481,32
5	5551,36	-	5933,15901	0,9057	5028,04	5373,84
6	5551,36	-	5933,15901	0,8880	4929,45	5268,48
7	5551,36	-	5933,15901	0,8706	4832,79	5165,17
8	5551,36	-	5933,15901	0,8535	4738,03	5063,89
<b>Total</b>	<b>58560,87</b>		<b>46712,497</b>		<b>-54735,00</b>	<b>42725,23</b>

\*Tratamento 17 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina 6,4 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada.

**Tabela 19** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 20\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados (reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	12000,000	-	1,0000	12000,00	-
1	11570,338	-	10198,345	0,9804	11343,47	9998,38
2	7420,338	-	11592,330	0,9612	7132,20	11142,19
3	7420,34	-	11592,3299	0,9423	6992,35	10923,71
4	7420,34	-	11592,3299	0,9238	6855,25	10709,52
5	7420,34	-	11592,3299	0,9057	6720,83	10499,53
6	7420,34	-	11592,3299	0,8880	6589,05	10293,66
7	7420,34	-	11592,3299	0,8706	6459,85	10091,82
8	7420,34	-	11592,3299	0,8535	6333,19	9893,94
<b>Total</b>	<b>75512,70</b>		<b>91344,655</b>		<b>-70.426,18</b>	<b>83.552,75</b>

\*Tratamento 20 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina de 6,4 dS m<sup>-1</sup> e adubação nitrogenada de 75,0 e 325,5 kg ha, respectivamente.

Para avaliação do retorno econômico dos diferentes sistemas de rotação cultural com girassol/milho utilizando diferentes níveis de água salina e doses de nitrogênio propostos nesse trabalho, foram utilizados uma análise que apresentam indicadores a partir de estimativas sobre fluxo de caixa. Nesse caso, são critérios que envolvem a variação do capital no tempo como: razão benefício custo (B/C), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), estão apresentados na Tabela 20.

Em relação aos resultados da razão B/C, se observa que a maioria dos tratamentos ou cenários apresentaram valores superiores a unidade, ou seja, benefícios esperados maiores que os custos, indicando viabilidade econômica desses arranjos. Porém, alguns desses arranjos tiveram a razão B/C menor que a unidade como: T5 (0,91); T9 (0,87); T13 (0,83) e T17 (0,78), ou seja, todos os tratamentos com água salina a partir de 2,2 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada tiveram a relação B/C menor que 1.

Ainda podemos verificar que os arranjos T4, T8, T12, T16 e T20 apresentam os valores maiores dessa razão B/C com 1,4; 1,29; 1,25; 1,24 e 1,19 respectivamente. Todos esses tratamentos representam do menor para maior nível de salinidade em suas dosagens máximas de nitrogênio, onde podemos ver que há um decréscimo da B/C quando a aumenta a salinidade.

Verifica-se que apenas os arranjos do T5, T9, T13 e T17 apresentam VPL negativos, indicando que os mesmos não podem ser aplicados ou recomendados nas condições a que foram estudadas, indicando por esse critério, inviabilidade econômica. Do contrário, os demais tratamentos tiveram seus VPL positivos com destaque para o T4, T8, T12, T16 e T20, sinalizando que poderá investir nesse sistema sem prejuízos ao investidor. Esse comportamento deve-se ao fato desses cenários mesmo utilizando água salina na irrigação do girassol e uso da precipitação pluvial e irrigação suplementar como água de baixa salinidade no cultivo milho, usando nitrogênio mesmo com o aumento do custo, contribui para uma maior produção das culturas mesmo em situações de salinidade. O mesmo não é observado nos tratamentos em que não teve adubação nitrogenada.

Quando a TIR é igual à taxa mínima atrativa (TMA), o VPL é igual a zero, porém quando a TIR é maior que a TMA, significa que o projeto rendeu um retorno maior que a taxa mínima esperada, ou seja, que o projeto deve ser aceito.

A TIR do estudo em questão demonstrou negativa em quatro cenários (Tabela 16), com valores de -9,17; -12,54; -16,70 e -21,94% para os tratamentos (T5, T9, T13 e T17) respectivamente. Isso demonstra que o projeto não é atrativo, pois a TIR é menor que a TMA. Também podemos ver que os demais cenários apresentaram a TIR positiva ou seja, maior que a TMA de 2% a.a, demonstrando que esses arranjos rendeu retorno financeiro ao investidor. Verificou-se ainda que os cenários que utilizaram doses máximas de nitrogênio mesmo com água salina obtiveram sua TIR maiores como o T4, T8, T12 T16 e T20 (40,14; 28,91; 25,45; 24,32 e 18,64) comparada aos demais cenários. Ressalta-se ainda que entre os cenários que não utilizou adubação com nitrogênio e apresentou-se com razão B/C, VPL e TIR positivos foi o primeiro arranjo onde a água apresentou salinidade de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Tabela 20** – Relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) para os tratamentos analisados e submetidos ao cultivo rotacional de girassol/milho utilizando água salina e doses de nitrogênio.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (%)*	B/C	VPL (R\$)	TIR (%)
0,8	0	1,03	1667,88	3,05
	50	1,17	10516,13	17,44
	100	1,22	14110,48	21,75
	150	1,40	28267,90	40,14
2,2	0	0,91	-5020,21	-9,17
	50	1,16	9505,06	15,76
	100	1,20	12789,12	19,72
	150	1,29	20363,17	28,91
3,6	0	0,87	-6863,74	-12,54
	50	1,12	7424,70	12,31
	100	1,17	10732,70	16,55
	150	1,25	17921,03	25,45
5,0	0	0,83	-9139,74	-16,70
	50	1,09	5656,87	9,38
	100	1,14	8938,68	13,78
	150	1,24	17128,20	24,32
6,4	0	0,78	-12009,77	-21,94
	50	1,06	3746,43	6,21
	100	1,10	6697,98	10,33
	150	1,19	13126,57	18,64
<b>Média</b>		<b>1,112</b>	<b>7777,971</b>	<b>11,170</b>

Tratamentos\*: T1 à T4 (0,8 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T5 à T8 (2,2 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T9 à T12 (3,6 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T13 à T16 (5,0 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas e T17 à T20 (6,4 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas. Os cultivos de milho foram submetidos ao efeito residual dos saís.

O girassol é uma cultura anual que, do ponto de vista econômico, apresenta viabilidade no Nordeste. A adaptabilidade, o aproveitamento de suas sementes e de sua massa seca, o teor de óleo em torno de 40%, aliado com a sua crescente valorização no mercado, o cenário ideal para a geração de retornos financeiros. (FREITAS, 2012).

Em condições de sequeiro, estudos realizados por Silva et al. (2005) com doses e épocas de aplicação de N, na cultura do milho, mostraram que a máxima eficiência econômica foi alcançada com a dose de 126 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicando-se metade na semeadura e metade no estágio de 4 a 6 folhas.

No ano agrícola de 2001/02, Silveira (2002) mostrou que a aplicação de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior retorno econômico para o produtor. Cantarella (1993) menciona que, para várias regiões do Brasil e do exterior, a recomendação de N para a cultura do milho, objetivando altas produtividades (mais de 9.000kg ha<sup>-1</sup>), varia de 150 a 300 kg ha<sup>-1</sup>, sendo este intervalo amplo e acima dos 158 kg ha<sup>-1</sup>, correspondente à máxima eficiência econômica obtida, cujos valores representam praticamente a média da recomendação das doses de 100 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N para milho irrigado, feita por Coelho e França (1999)

SALOMÃO (1990), aplicando a análise de variância, em sistemas de manejo de solo, para Londrina, PR, e região, separou sistema plantio direto como mais lucrativo, em comparação com preparo convencional de solo. Porém, SANTOS et al. (2000), estudando quatro sistemas de rotação e sucessão de culturas para trigo, sob sistema plantio direto em Guarapuava, PR, e região, destacaram o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993) como o mais lucrativo e de menor risco.

A Análise de Sensibilidade é a ferramenta com a qual se calcula a variação do Valor Presente Líquido (VPL) ou da Taxa Interna de Retorno (TIR) e a relação benefício-custo (B/C), a partir de mudanças isoladas em uma variável – chamada de variável-chave, sem que se altere nenhuma outra variável – ou em mudanças realizadas em mais de uma variável ao mesmo tempo – mais próximo de uma situação real. Assim, em função da produtividade das culturas foi possível, realizar a análise de sensibilidade.

Pela Tabela 21, pode-se observar a viabilidade dos arranjos do sistema rotacional cultural (girassol/milho), quando sujeitos a acréscimos ou decréscimos de produção em 10%, através dos indicadores econômicos B/C, VPL e TIR a taxa de 2% a.a. É demonstrado pelos indicadores econômicos que os cenários são muito sensíveis à variação na produção em 10%, pois quando diminui a produção todos os tratamentos sem o uso de nitrogênio se mostram inviáveis com B/C <1, VPL e TIR negativos.

Quando há um acréscimo da produção em 10% aumenta o número de arranjos com B/C >1, e VPL e TIR positivos indicando que se tornam mais viáveis ainda o empreendimento. Além do mais que aumentou a quantidade de Taxas internas de retorno acima de 10%, uma taxa que demonstra uma maior confiabilidade para o investidor acreditar no empreendimento. Portanto, ainda o T9, T13 e T17 ainda permaneceram inviáveis.

**Tabela 21** – Relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) para os tratamentos analisados e submetidos ao cultivo rotacional de girassol/milho utilizando água salina e doses de nitrogênio, com o aumento em 10% e diminuição em 10% na produção.

Tratamentos*	B/C			VPL (R\$)			TIR (%)		
	-10%	0%	+10%	-10%	0%	+10%	-10%	0%	+10%
T1	0,92	1,03	1,11	-3972,4	1667,88	6235,60	-7,26	3,05	11,39
T2	1,11	1,17	1,34	7026,7	10516,13	20528,2	11,65	17,44	34,04
T3	1,15	1,22	1,38	9959,4	14110,48	24946,6	15,35	21,75	38,46
T4	1,33	1,40	1,59	23298,2	28267,90	42086,9	33,08	40,14	59,76
T5	0,86	0,91	1,03	-7640,9	-5020,21	1853,5	-13,96	-9,17	3,39
T6	1,09	1,16	1,31	5829,36	9505,06	19038,2	9,67	15,76	31,57
T7	1,13	1,20	1,35	8470,5	12789,12	23143,2	13,06	19,72	35,68
T8	1,22	1,29	1,46	15581,8	20363,17	32808,9	22,13	28,91	46,59
T9	0,82	0,87	0,99	-9617,4	-6863,74	-521,74	-17,57	-12,54	-0,95
T10	1,06	1,12	1,27	3659,6	7424,70	16456,6	6,07	12,31	27,29
T11	1,09	1,17	1,31	6309,5	10732,70	20534,8	9,73	16,55	31,66
T12	1,18	1,25	1,42	12997,1	17921,03	29687,9	18,45	25,45	42,15
T13	0,78	0,83	0,94	-11853	-9139,7	-3238,2	-21,66	-16,70	-5,92
T14	1,02	1,09	1,23	1767,8	5656,87	14171,1	2,93	9,38	23,50
T15	1,06	1,14	1,28	4381,3	8938,68	18204,6	6,75	13,78	28,07
T16	1,17	1,24	1,40	11892,5	17128,20	28337,8	16,89	24,32	40,24
T17	0,73	0,78	0,88	-14527	-12009,7	-6479,2	-26,54	-21,94	-11,84
T18	0,99	1,06	1,16	-249,3	3746,43	11735,7	-0,41	6,21	19,46
T19	1,03	1,10	1,23	2054,2	6697,98	15397,4	3,17	10,33	23,74
T20	1,11	1,19	1,33	7903,9	13126,57	23536,7	11,22	18,64	33,42
<b>Média</b>	<b>1,04</b>	<b>1,112</b>	<b>1,25</b>	<b>3663,5</b>	<b>7777,9</b>	<b>15971,8</b>	<b>4,64</b>	<b>11,170</b>	<b>25,58</b>

Tratamentos\*: T1 à T4 (0,8 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T5 à T8 (2,2 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T9 à T12 (3,6 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas; T13 à T16 (5,0 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas e T17 à T20 (6,4 dS m<sup>-1</sup>), com 0, 50, 100 e 150% de N recomendando para ambas as culturas. Os cultivos de milho foram submetidos ao efeito residual dos saís.

Considerando-se as condições atuais (2011 e 2012) de mercado para a Região Nordeste, segundo Freitas (2012), a cultura do algodão é a mais rentável (R\$2.997,00 ha<sup>-1</sup>) e a que apresenta o menor risco (diferença entre a lucratividade dos dois cenários). O milho convencional de primeira safra, por sua vez, mostrou-se rentável (R\$ 2.264,00 ha<sup>-1</sup>), porém, com alto risco de prejuízo. A soja (R\$ 1.523 ha<sup>-1</sup>) trata-se de um caso

particular, tendo em vista que apenas as regiões do cerrado nordestino produzem o grão. Já o girassol (R\$2.690,00 ha<sup>-1</sup>) e o sorgo (R\$ 687,00 ha<sup>-1</sup>) são culturas com viabilidade econômica, sendo que, comparado ao sorgo, o girassol apresenta menor risco de mercado.

Assim, é importante considerar que a viabilidade do girassol ou mesmo de outras matérias-primas para a produção de biodiesel dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, e passa, inclusive, por aspectos agronômicos, citados por Ramos (1999; 2003), tais como: o teor em óleos vegetais; a produtividade por unidade de área; o equilíbrio agronômico e demais aspectos relacionados com o ciclo de vida da planta; a atenção a diferentes sistemas produtivos e o ciclo da planta (sazonalidade) e sua adaptação territorial, que deve ser tão ampla quanto possível, atendendo a diferentes condições edafoclimáticas.

O rendimento na produção de girassol depende de fatores como a cultivar, as condições ambientais, manejo do solo, adubação. Segundo Beard (1981), em muitas áreas de clima temperado, o girassol produz mais óleo por hectare do que qualquer outra espécie. Existem cultivares cujos rendimentos de sementes ultrapassam os 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, mas, em geral, o rendimento médio é menor que 1.500 kg ha<sup>-1</sup>, devido a problemas climáticos e à falta de controle adequado nas práticas culturais. Podemos ver que se justifica o uso da irrigação na cultura do girassol mesmo com salinidade baixa, aliado da adubação nitrogenada, pois seu rendimento justifica seus custos, o que seria mais difícil sem o uso da irrigação e adubação.

Atualmente, informações técnico-econômicas sobre o cultivo do girassol ainda são pouco conhecidas entre produtores e até mesmo técnicos e pesquisadores. Como consequência, facilmente os produtores se deparam com baixa produtividade, decorrentes do espaçamento inadequado, adubação, manejo do solo e plantas e época de cultivo. Com o aumento da demanda por grãos com fins energéticos, o girassol passou a ser uma interessante alternativa, seja cultivado na safrinha, seja como rotação ou mesmo sucessão de culturas.

De acordo com Angelini et al. (2000), “nas circunstâncias atuais, parece que apenas o cultivo do girassol, em sucessão a grandes culturas, pode vir a se tornar uma boa alternativa para o agricultor, uma vez que não impõe riscos absolutos, por se destinar ao aumento de renda da atividade agrícola e não à formação dessa renda, que fica a cargo da grande cultura de verão”. Na presente pesquisa considera cultivo de milho com cultura de verão.

No presente estudo, os custos com adubação, principalmente nas maiores doses nitrogenadas, ultrapassaram 40% do custo total, porém, isso pode ser reduzido com o tempo, com o conseqüente aumento dos teores de M.O no solo, disponibilizando mais nutrientes reduzindo a dependência de insumos externos. Borsuk et al, (2011), encontraram resultados semelhantes, pois, somente os custos totais com fertilizantes impactaram em 37,14%; com uma produtividade de 1900 kg ha<sup>-1</sup> para a cultura do girassol e, de R\$ 0,51 por Kg.

Segundo os mesmos autores, em pesquisa com os produtores no Paraná, os custos de produção do girassol de todos os produtores entrevistados foram inferiores aos demais grãos cultivados e esta cultura participou na formação da receita total dos produtores entre 2,56 e 55%, indicando ser uma cultura com potencial de expansão e ao mesmo tempo apresentando grandes limitações, especialmente de ordem técnica.

Os estudos científicos e algumas experiências localizadas têm demonstrado, no entanto, que práticas convencionais de redução de problemas decorrentes de salinidade são onerosas e, na maioria das vezes, inviáveis do ponto de vista econômico. Assim, práticas alternativas de convivência ainda não estão disponíveis em grande escala para que se possa avaliar sua rentabilidade em termos econômicos e efeitos na melhoria da qualidade de vida do solo. Portanto, espécies adaptadas aos extremos de salinidade, em um futuro próximo, podem se constituir em alternativas viáveis para se conviver com os problemas da salinidade induzida e, incorporar os solos salinizados ao processo de produção agrícola (CRUCIANI et al.2010).

#### 4.0 CONCLUSÕES

Por meio das características edafoclimáticas na presente pesquisas, concluímos que:

- Na cultura do girassol, os componentes de produção, tiveram máximos valores quando as plantas não foram estressadas e submetidas a dosagem máxima de nitrogênio. Porém, em plantas estressadas o aumento de nitrogênio amenizou o efeito dos sais. No segundo ciclo, os sais afetaram menos as plantas, devido ao manejo conservacionista aplicado ao solo, o qual contribuiu para melhorar as condições químicas do solo, conseqüentemente, aumentando a produtividade das plantas.
- Na cultura do milho as variáveis de produção foram fortemente influenciadas pelo nitrogênio, principalmente na maior dose. O efeito residual dos sais foi pouco expressivo na produção do milho, sendo a lixiviação eficiente em lavar os sais na camada de solo explorada pelo milho. O melhor resultado de produção obtido no segundo ciclo de milho.
- O sistema de manejo do solo por meio da rotação de cultura (girassol/milho) apresentou viabilidade econômica, sendo mais atrativo com uso da água de baixa salinidade e aplicação máxima de nitrogênio. Porém, o uso de água salina pode ser viável, desde que se tenha a aplicação da adubação nitrogenada, pois quanto maior a dose, maior a rentabilidade, nas condições do presente estudo.
- A análise de sensibilidade se mostrou bastante oportuna para indicar que com o aumento da produção o empreendedor terá maior lucratividade, pois isso é possível, por que em sistemas rotacionais, há um aumento da produtividade com o tempo, o que já foi constatado no presente estudo apenas com dois anos de pesquisa.

**REFERÊNCIA**

ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e litoral Piauiense**. 2000. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ASSIS JÚNIOR, J.O.; FEITOSA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H.R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo me função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Eng. Agríc.**27:702-713, 2007.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991, 218p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 Revisado

AZEVEDO NETO, A.D. **Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plantas de milho submetidas ao estresse salino**, 1997. 134f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife.

AZEVEDO NETO, A.D; TABOSA, J.N.; ENEAS-FILHO, J.; LACERDA, C.F.; SILVA, J.V.; COSTA, P.H.C.; GOMES FILHO, E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal Plant Physiology**, 16:31-38, 2004.

BAGHALIAN, K.; HAGHIRY, A.; NAGHAVI, M.R.; MOHAMMADI, A. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Scientia Horticulturae**, 116:437-441, 2008.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNADEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, n.5, 2010.

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 cassilândia MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

BLANCO, F.F; FOLEGATTI, V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: II. Crescimento e partição de matéria seca. **R. Bras. Agri. Ambient**, V.12: p.34-40, 2008.

- BORSUK, L. J.; SCHLINDWEN, S. L.; MARTINS, S. R. Viabilidade econômica e fatores limitantes do cultivo de girassol no período da safrinha em Abelardo luz/SC. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.2-4, p.277-283, 2011
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185
- CARDOSO, J. M.; MELO, F. B.; LIMA, M.G. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília. EMBRAPA, 2005. Cap. 5, p. 213 – 225.
- CAVALCANTE, L.F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 2000. 72p.
- CHARTZOULAKIS, K. S.; LOUPASSAKI, M. H. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. **Agricultural Water Management**, v. 32, p 215-255, 1997.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Nutrição e adubação do milho**. Acesso: 22 nov. 2011.
- CORDEIRO, G. **Salinidade em áreas irrigadas**. Petrolina: empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária (EMBRAPA SEMIÁRIDO), 2002.
- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; SANTOS, T. da S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.4, p.514-521, 2009.
- DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V.; BARROS, A. D. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.240-246, 2004.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução: GHEYI, H.R. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAGERA, N.K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H.R., QUEIROZ, J.E., MEDEIROS, J.F. (eds.) **“Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”**. Campina Grande, UFPB, p. 363-383. 1997.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. da C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio em seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

OLIVEIRA, F. G.; NEVES, C. L. Estresse salino em plantas de milho: II - Macronutrientes aniônicos e suas relações com o sódio. **R. Bras. Agri. Ambient.** 9:11-15, 2005.

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, n.10, p.1561-1573, 2001.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; ; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap. 1, p 29 -75.

FREIRE, M.B.G.S; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, F. R.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1. ed. Minas Gerais, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, Cap.15, p. 929-954.

FREITAS, E.V.S.; FERNANDES, F. G.; CAMPOS, M. C. C.; FREIRE, M. B. G. S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Rev. Biol. e Ci. Terra**, 7:21-28, 2007.

GARCIA, G. O.; FILHO, S. M.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. **Irriga, Botucatu**, v. 14, n. 4, p.470-480, 2009.

GARCIA, G.O.; FERREIRA, P.A.; SANTOS, D.B.; OLIVEIRA, F.G.; MIRANDA, G. V. Estresse salino em plantas de milho: I – macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro. **R. Bras. Agri. Ambient.** 9:26-30, 2005.

GHEYI, H.J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.S., ASSIS Jr., R.N., ROMERO, R.E.& SILVA, J.R.C. **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Fortaleza, DCS/UFC, 2000. p.329 -346.

GOMES, D. P. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de girassol produzidas na região de Timon, Maranhão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 291-292, 2006.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, 78:127-157,1999

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**. 31:149-190, 1980.

GURGEL, M.T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F.H.T.;FERNANDES, P.D.; SILVA, F.V. Nutrição de cultivares de meloeiro irrigadas com águas de baixa e alta salinidade. **Revista Caatinga**, v.2, p.36-43, 2008.

HARTER, F. S.; HOLBIG, L. dos S.; MENEGHELLO, G. E.; Tolerância dos cultivares de arroz a salinidade fornecida pela água de irrigação. **XIV Encontro de Pós Graduação da UFPEL**.2012

KATERJI, N.;VAN HOORN, J.W.; HAMDYC, A.; MASTRORILLI, M. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought.Agric. **Walter Management**. v.65, p.95-101, 2004.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.M. C., ARAÚJO, E. L., WILLADINO, L. G., CAVALCANTE, U. M. T. (eds.) “**Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**”. Recife, UFRPE, p. 137-237, 2005.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**. v. 49, p.107 –120, 2003.

LACERDA, C. F.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista de Ciência Agronômica**, v37, p258-263, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima Artes e Textos, 2006. 550p

LIMA, G.S. de; NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A. dos A.; LOURENÇO, G. da S. Resposta da mamoneira cv. BRS Energia a diferentes níveis de salinidade da água e doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.2, p.79-87, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1989.

MEDEIROS, J. F. Salinização em áreas irrigadas: manejo e controle. In: FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: **Agropecuária**, 2001. v.2, Cap.2, p.201-240.

MOURA, E. G. de; TEIXEIRA, A. P. R.; RIBEIRO, V. S.; AGUIAR, A. das C. F.; FARIAS, M. F. de. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2006.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, v.25, p.239 – 250, 2002.

MURTAZA, G.; GHAFOOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton–wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v.81, n.1-2, p.98-114, 2006.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B; PRISCO, J. T.; GHEYI; H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.758-765, 2009.

NEVES, A. L. **Crescimento, produtividade e extração de nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento**, 2008, 129f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; GALVÃO, D. C. Desenvolvimento inicial do milho -pipoca'jade' irrigado com água de diferentes níveis salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. 2:45-52, 2007.

OSTER, J. D.; HOFFMAN, G. J.; ROBINSON, F. E. Management alternatives: crops, water, and soil. **California Agriculture**, 36: 29-32, 1984.

PARIDA, A. K.; DAS, B. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. **Ecotoxicology and Environment Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para a produção agrícola. Trad.: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (**Estudos FAO 48**)

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

SANDINI, I, E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M. K.; NOVAKOWISKI, J. H.; Efeito residual na cultura do milho no sistema de produção lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.

SANTOS, I.C. dos; MIRANDA, G.V.; MELO, A.V de; MATTOS, R.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J. da S.; GALVÃO, J.C.C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.45-53, 2005.

SANTOS, R.V.; HERNANDEZ, F.F.F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEY, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande; UFPB/SBEA, 1997. p.319-362.

SECKLER, D.; AMARASINGHE, U; MOLDEM, D.; SILVA, R.; BAKER, R. World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. **Research Report 19, International Water Management Institute**, 19:1-41, 1998.

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, A. A. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.928-935, 2007

SILVA, D.A.. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.5, n.1, p.75-88, 2006.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J.V.; LACERDA, C.F.; COSTA, P.H.A.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J.T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grow in nutrient solution supplemented with CaCl<sub>2</sub>. *Braz. Journal Plant Physiology*. 99-105, 2003.

SILVA. M.O.; FREIRE, M.B.G.S.; MENDES, A.M.S.; FREIRE, F. J.; CARLOS, C.E.S.; GÓES, G.B. Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **R. Brasi. Agri. Ambient.**, 12:593-605, 2008.

SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEREIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **R. Bras. Agri. Ambient.**, 3:11-17, 1999.

SOUSA, G. G. Avaliação de um ciclo de rotação cultural milho e feijão-de-corda, utilizando-se água de baixa e de alta salinidade. Fortaleza: UFC, 2008, 96p. **Dissertação Mestrado**.

SOUSA, R. B.; LACERDA, C. F.; AMARO FILHO, J.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **R. Brasi. Ci. Agrárias**, 75-82, 2007

SOUSA, G. G. SOUZA, G. B. PEREIRA, W. E. P.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F.; GONDIM, S.C.; CAMPOS, V.B; SILVA, P.F.G. Germinação e crescimento inicial de vigna unguiculata e phaseolus vulgaris irrigados com água salina. **Anais do curso de Pós-graduação em manejo de solo e água**. 70-80, 2006.

SPERA, S.T. et al. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 1, p.129-136, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Artmed, 2010. 819 p.

YAH YA, A. Salinity effects on growth an uptake and distribution on sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**. 21:1439-1451,

---

## CAPÍTULO 2

### **TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO DAS CULTURAS (GIRASSOL/MILHO) SUBMETIDOS À DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DE ÁGUA E NITROGÊNIO EM SISTEMA ROTACIONAL**

---

#### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar as trocas gasosas e a eficiência no uso de nitrogênio no girassol, cv. BRS 324 e no milho híbrido AG1051, quando submetido a níveis de salinidade e seus efeitos residuais e doses nitrogenada. Utilizou-se o delineamento estatístico em bloco ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas para as trocas gasosas, 5 níveis de salinidade da água (0,8; 2,2; 3,6 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>); 4 doses de nitrogênio (0; 25; 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 época (30 e 60 dias), com cinco repetições, na cultura do girassol. No milho utilizou-se o mesmo delineamento, com os 5 níveis residuais de sais (0,8; 2,2; 3,6 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>); 4 doses de nitrogênio (0; 108,5; 217 e 325,5 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 época (40 e 80 dias), com cinco repetições. Os valores de trocas gasosas foram obtidos por meio do aparelho analisador infravermelho (IRGA) LI 6400XT. Para a cultura do girassol, todas as variáveis foram afetadas pela salinidade em ambos os ciclos, onde os melhores desempenhos foram observados nas plantas cultivadas com menor salinidade mas que esses efeitos foram reduzidos com o aumento da dose nitrogenada dentro de cada salinidade, porém, no segundo ciclo as trocas gasosas foram menos afetada. Quanto a eficiência no uso de nitrogênio foi reduzida com o aumento da salinidade e com as dosagens de nitrogênio, sendo amenizado no segundo ciclo. Na cultura do milho, o efeito residual teve pouco efeito negativo nas trocas gasosas, sendo mais pronunciado na maior a salinidade no solo, e afetada positivamente pelas doses de nitrogênio, pois quanto maior a dose de nitrogênio maior as trocas gasosas. A eficiência de utilização de nitrogênio praticamente sofreu efeito apenas do nitrogênio, pois ocorreu redução da eficiência mais com aumento do adubo nitrogenada do que com o efeito residual dos sais. Assim, conclui-se que no girassol as trocas gasosas foram altamente afetadas pelo efeito salino mas as plantas ainda responde a adubação nitrogenada principalmente na dose máxima de nitrogenio e, isso foi mais evidente no segundo ciclo, e a eficiência no uso de nitrogenio é reduzida com aumento da salinidade e de nitrogenio e Independentemente do ciclo e da cultura os teores de sódio foram crescentes com o aumento da salinidade. No milho, a rotação de cultura juntamente com a precipitação pluvial proporcionaram condições de melhores desempenhos as plantas aliado ao aumento de nitrogênio, reduzindo o efeito dos sais, principalmente no segundo ciclo, porém, a eficiência de uso de nitrogênio reduziu mais com o aumento de nitrogênio do que com o efeito residual.

**Palavras - chave:** *Helianthus annuus* L. Estresse salino . Trocas gasosas, Manejo de solo.

---

**CHAPTER 2****GAS EXCHANGE AND NITROGEN USE EFFICIENCY IN CROP  
(SUNFLOWER / CORN) SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF  
SALINITY OF WATER AND NITROGEN IN ROTATIONAL SYSTEM**

---

**ABSTRACT**

The aimed to evaluate gas exchange and nitrogen use efficiency in sunflower cv. BRS 324 and hybrid maize AG1051, when subjected to salinity levels and their residual effects and nitrogen doses. We used the statistical design block randomized in split split plot scheme for gas exchange 5 levels of salts (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 and 6,4 dS m<sup>-1</sup>); 4 doses of nitrogen (0, 50, 100 and 150%) and two times (30 and 60), with five replicates in sunflower cultivation. Corn was used in the same design, with the 5 levels of residual salts (0.8, 2.2, 3.6 5.0 and 6.4 dS m<sup>-1</sup>); 4 doses of nitrogen (0, 50, 100 and 150%) and two times (40 and 80 days) with five replications. The values of gas exchange were obtained by the infrared analyzer apparatus (IRGA) LI 6400XT. For sunflower cultivation, all variables were affected by salinity in both cycles, where the best performances were observed in plants grown with lower salinity but that these effects were reduced with increasing nitrogen dose within each salinity, however, in second cycle gas exchange were less affected. As for nitrogen use efficiency was reduced as increased salinity and the rate of nitrogen, being softened in the second cycle. In corn, the residual effect had little negative effect on gas exchange, being more pronounced in the higher salinity in the soil, and positively affected by nitrogen rates, because the higher the dose of nitrogen increased gas exchange. The efficiency of nitrogen utilization virtually suffered only the effect of nitrogen, because there was a reduction efficiency increased as more nitrogen fertilizer than with the residual effect of salts. Thus, it is concluded that on sunflower gas exchange were highly affected by salt effect but plants still responds to nitrogen fertilization mainly in maximum dose of nitrogen, and this was more evident in the second cycle, and the efficient use of nitrogen is reduced as increased salinity and nitrogen and Regardless of the culture cycle and the sodium concentration increased with increasing salinity. In maize, the crop rotation together with the precipitation conditions gave better performances plants coupled with the increase of nitrogen by reducing the effect of salts, especially in the second cycle, however, the use efficiency of nitrogen was reduced more with increase in nitrogen than the residual.

**Keywords:** *Helianthus annuus L.* Saline Stress. Gas Exchange, Soil management.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a baixa produtividade média das culturas, reflete a deficiência do manejo e da tecnologia utilizada por médios e pequenos produtores, juntamente com o uso de cultivares pouco adaptadas. Assim, o manejo do solo salino necessita ser mais estudado principalmente em regiões semiáridas onde ha variabilidade temporal e espacial das precipitações, contribuem para o avanço desse fenômeno.

O estresse osmótico, associado ao acúmulo total de sais no solo, reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, conseqüentemente, afetar as trocas gasosas (BEZERRA et al. 2003). No entanto, o grau de severidade desses efeitos dependente de muitos fatores, como a espécie vegetal, o cultivar e estágio fenológico, a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse, bem como as condições edafoclimáticas, além do manejo da irrigação (YEO, 1999; SILVA et al. 2003; GHEYI et al. 2005).

Os principais fatores ambientais que afetam a fotossíntese são a luz, o CO<sub>2</sub> e a temperatura. Entretanto, a disponibilidade de água e de nutrientes também são fatores importantes, com efeitos indiretos sobre o processo, conseqüentemente, interferindo na produtividade. Portanto, o manejo inadequado da adubação nitrogenada afeta diretamente o crescimento, trocas gasosa e a produtividade das plantas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004).

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelas culturas e que tem maior influência na produtividade, com inúmeras funções relevantes nas suas atividades fisiológicas. Sua disponibilidade afeta diretamente a área foliar, a taxa de fotossíntese, o crescimento do sistema radicular. (PIONNER, 1995).

De acordo com Yamada e Abdalla (2000), o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema. As perdas ocorrem por meio da remoção pelas culturas, erosão, volatilização, imobilização biológica e lixiviação.

Assim, o sistema de rotação de cultura, pode proporcionar uma série de vantagens como manutenção da fertilidade do solo; melhorar da estrutura do solo; aumento da matéria orgânica e maior disponibilidade de nutrientes como o nitrogênio.

Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da salinidade e adubação nitrogenada nas trocas gasosas e na eficiência no uso de N na cultura do girassol, além, do efeito

residual dos sais e de doses de nitrogênio e sua eficiência na cultura do milho, ambas as culturas em sistema rotacional de culturas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As seções abaixo listadas encontram-se descritas nas respectivas páginas do Capítulo 1.

SEÇÕES	Página
<b>2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental .....</b>	55
<b>2.2 Material vegetal .....</b>	57
<b>2.3 Descrição dos experimentos.....</b>	57
<b>2.4 Instalação e condução da cultura .....</b>	58
<b>2.5 Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários .....</b>	62
<b>2.6 Colheita e beneficiamento</b>	62
<b>2.7 Variáveis avaliadas</b>	

Aos 30 e 60 DAS (estádios de crescimento vegetativo e floração) foram efetuadas medições de taxa fotossintética (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA). Essas medidas foram realizadas em folhas totalmente expandidas utilizando um analisador a gases infravermelho portátil (Irga), modelo Li-6400XT. As leituras foram realizadas entre 9:00 e 11:00 h, momento de maior atividade fisiológica da planta, considerando-se umidade relativa do ar, temperatura, radiação do ambiente e após a irrigação.

A partir da produção de grãos e das doses de nitrogênio determinou-se a eficiência no uso do nitrogênio (EUN), definida pela relação entre a produção de grãos e a quantidade de nitrogênio aplicada por planta (AUJLA et al. 2007).

## 2.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade e verificado efeito significativo na análise da variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional para assistência estatística ASSISTAT 7.6 beta da Universidade Federal de Campina Grande (SILVA; AZEVEDO, 2009). Nos demais parâmetros das plantas, inicialmente os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, as variáveis de trocas gasosas quando significativos pelo teste F, os efeitos das concentrações de sais e dos níveis de adubação nitrogenada submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

No caso de efeitos significativos entre a interação dos dois fatores (salinidade e adubação nitrogenada (no caso das variáveis de crescimento, trocas gasosas e produção) foram realizadas as superfícies de resposta). Para a confecção dos gráficos e determinação das equações de superfícies de resposta foi utilizado o software “TableCurve3D v.4.0”

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Primeiro cultivo de girassol

##### 3.1.1 Trocas gasosas

O resumo das análises de variâncias das características fisiológicas do girassol como: fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e eficiência no uso da água (EUA) está apresentado na Tabela 1. Com relação às trocas gasosas verificaram-se diferenças significativas para todos os fatores e a interação entre eles, para todas as variáveis analisadas, no nível de 1% de probabilidade pelo teste F, exceto S x N para a EUA, (Tabela 1).

**Tabela 1** - Resumo da análise da variância para os dados de fotossíntese (A), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração (E), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado sob cinco níveis de sais na água irrigação (S), quatro doses de nitrogênio (N) e duas épocas de avaliação (E).

FV	G.L	Quadrados Médios				
		A	$g_s$	E	$C_i$	EUA
Blocos	4	8,34**	0,0163**	0,0364**	26,91**	0,5639**
Trat-a (S)	4	518,64**	0,9620**	20,94**	38214,19**	4,56**
Resíduo-a	16	0,0576	0,00011	0,00025	0,1848	0,0565
Trat-b (N)	3	721,63**	2,17**	26,96**	1942,66**	4,94**
Int. (SxN)	12	4,98**	0,0149**	0,1851**	13,34**	3,56 <sup>ns</sup>
Resíduo-b	60	0,9081	0,00275	0,0395	2,2176	0,1786
Trat-c (E)	1	1142,06**	1,51**	25,50**	46536,54**	5,09**
Int. (SxE)	4	24,33**	0,0376**	0,7218**	1317,02**	0,0067**
Int. (Nx E)	3	10,97**	0,0234**	0,2254**	16,24**	0,0051**
Int. (SxNx E)	12	0,23**	0,00058**	0,0063**	0,4597**	0,0046**
Resíduo-c	80	0,0178	0,00003	0,00029	0,02760	0,00017
CV% (S)		1,24	1,27	0,40	0,26	0,40
CV% (N)		4,92	6,27	5,09	0,89	8,54
CV% (E)		0,69	0,80	0,43	0,24	0,26

FV - Fontes de variação; GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; A – Fotossíntese ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); E – Transpiração ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );  $g_s$  – Condutância estomática ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );  $C_i$  – Concentração interna de  $CO_2$  ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); IS – Índice de clorofila (spad); EUA – Eficiência no uso de água ( $\text{mmol } CO_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ); <sup>ns</sup> – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* – Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A comparação das médias das variáveis relacionadas às trocas gasosas para o efeito interativo entre água salina, nitrogênio e épocas de avaliação pode ser observada na Tabela 2. Constatamos que os maiores valores de condutância estomática, concentração interna de carbono foram obtidos quando interagiu água salina de menor concentração de sais e maior dosagem de nitrogênio na segunda época de avaliação. Porém, a medida que aumentou a concentração de sais na água de irrigação e diminuiu a quantidade de nitrogênio aplicado obteve os menores valores médios principalmente na primeira época de avaliação. Para a EUA, observa-se seus valores tenderam a um pequeno aumento com o tempo, assim com o aumento da salinidade e adubação nitrogenada, mas não ocorrendo interação entre os fatores. Verificamos ainda o efeito do nitrogênio dentro de cada tratamento salino, pois o aumento do N ocasiona elevação nos valores em todas as variáveis.

**Tabela 2** - Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )	Primeira época				Segunda época			
		gs	E	Ci	EUA	gs	E	Ci	EUA
		(mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )				(mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
0,8	0	0,63cD	3,4bD	177,1bD	4,5	0,82bD	4,3bD	221,4bD	4,8
	25	0,82cC	4,0abC	181,9bBC	4,8	1,06bC	5,0bC	227,4bC	5,2
	50	1,03bBC	4,4abB	188,2abB	5,2	1,33abB	5,5abB	235,4abB	5,5
	75	1,15aA	5,3aA	192,8aA	4,5	1,48aA	6,7aA	241,0aA	5,7
2,2	0	0,57cD	3,1bD	159,4bD	4,5	0,72bD	3,8bD	194,8bD	4,4
	25	0,74bcC	3,6bC	163,7bC	4,7	0,93bC	4,4bC	200,1bC	5,0
	50	0,93bB	4,0bB	169,4bBC	5,0	1,17bB	4,9abB	207,1bB	5,2
	75	1,03bA	4,8bA	173,5bA	5,2	1,30bA	5,9bA	212,0bA	5,5
3,6	0	0,51cD	2,8cD	143,4cD	4,0	0,63cD	3,3bcD	171,4cD	4,2
	25	0,66bcC	3,2cC	147,3cCD	4,5	0,82cC	3,8cC	176,1cC	4,8
	50	0,84cB	3,6cB	152,5cB	4,9	1,03cB	4,3cbB	182,2cB	5,0
	75	0,93cA	4,3cA	156,1bcA	5,0	1,14cA	5,2cA	186,6cA	5,2
5,0	0	0,46dD	2,5dD	129,1dD	4,0	0,55dD	2,9dD	150,8dD	4,0
	25	0,60cdC	2,9dC	132,6dC	4,3	0,72dC	3,4cdC	154,9dC	4,5
	50	0,75dAB	3,2dB	137,2dB	4,7	0,90dB	3,8dAB	160,4bBC	5,0
	75	0,84dA	3,9dA	140,5dA	4,8	1,00dA	4,5dA	164,3dA	5,2
6,4	0	0,42edD	2,3eD	116,2eD	3,8	0,49eD	2,6eD	132,7eC	3,5
	25	0,52eC	2,6eC	119,3eC	4,0	0,63eC	2,9edC	136,3eC	4,2
	50	0,68eBC	2,9eB	123,5eB	4,5	0,79eB	3,3eB	141,1eB	4,7
	75	0,76eA	3,5eA	126,5eA	4,6	0,88eA	4,0eA	144,5eA	4,8

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade.

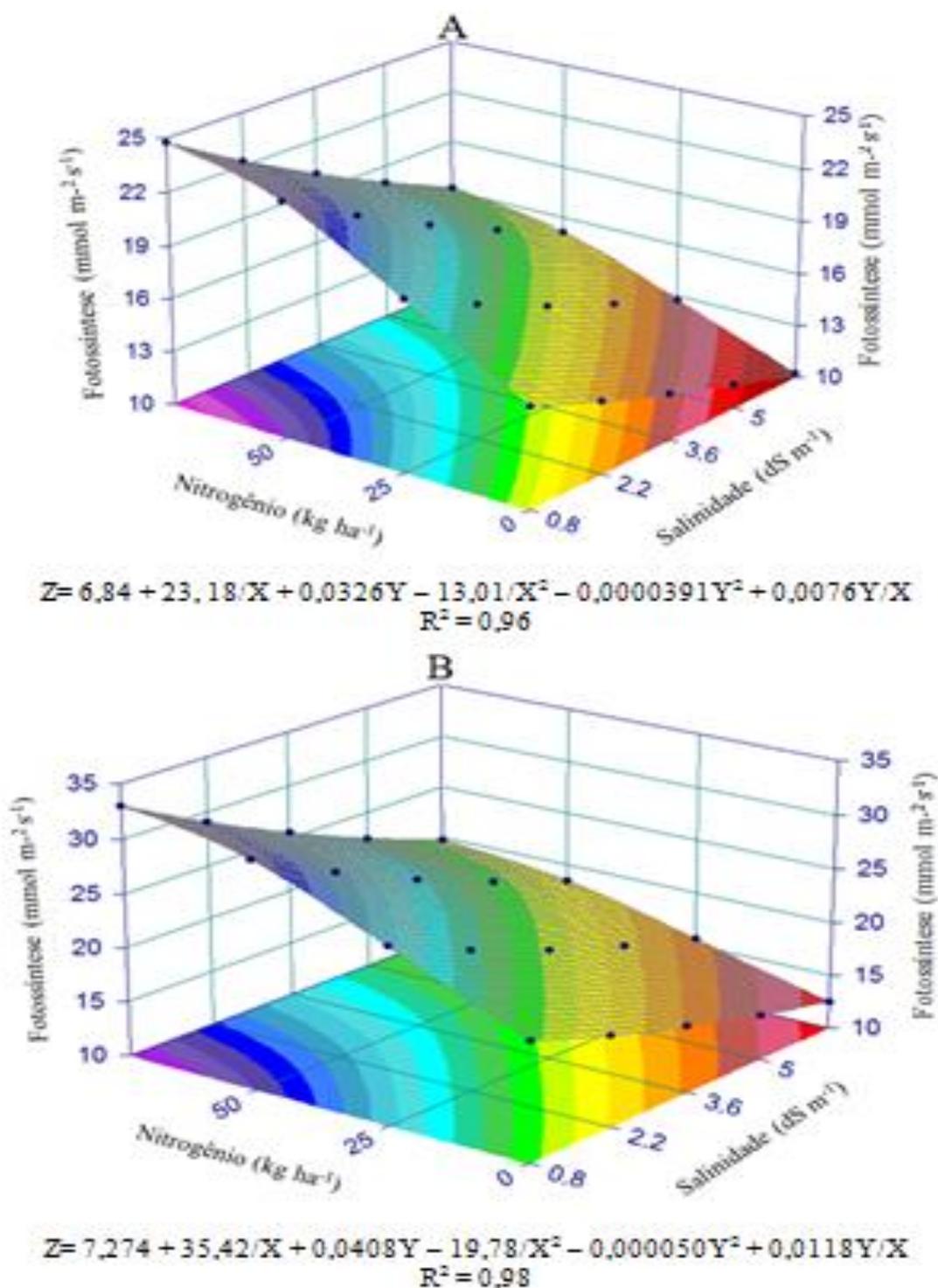
Observamos que as trocas gasosas foram pouca influenciadas pelos sais presentes no solo, assim como pelas doses de nitrogênio e pelas épocas avaliadas, com reduções de 63,47; 56,6; 39,7; 27%, respectivamente, para gs, E, Ci, e EUA (primeira época) e de 67; 61; 45 e 38,6% para gs, E, Ci e EUA (segunda época). Verificamos ainda valores superiores a 20% das trocas gasosas na segunda época comparada com a primeira época de avaliação. Também, há um incremento em torno de 45% das trocas gasosas com o aumento das doses de nitrogênio.

Ressalte-se também, que essas variáveis (gs, Ci e E) foram inversamente proporcionais ao aumento da salinidade, tendo em vista que houve uma tendência de incremento no uso da água (EUA) demonstrando assim o efeito positivo das doses de NaCl sobre a economia de água. Estes resultados estão de acordo com os relatados para outras espécies de *Atriplex* (GALE; POLJAKOFF-MAYBER, 1970; FLOWERS et al. 1977; SHARMA, 1982; PHAM THI et al. 1982; QIU; LU, 2003).

A Figura 1 (A e B) representa a superfície de resposta observado para a fotossíntese do girassol irrigado com água salina e adubado com diferentes doses de nitrogênio em duas épocas de avaliação, de acordo com o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados. A maior fotossíntese estimada de  $25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , considerada como ponto de máxima, foi obtida com o tratamento S1N4 ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). Podemos ver também que quando interagiu a maior salinidade ( $6,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) e sem adubação nitrogenada, foi constatada a menor fotossíntese ( $10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), aos 30DAP (Fig. A), com redução de 60% na taxa fotossintética.

Na Figura 2B, pode-se observar também a complementaridade entre os fatores de produção. Desta forma, aumento da aplicação de N no solo utilizando água de salinidade de  $0,8 \text{ dS}^{-1}$  observou-se a máxima fotossíntese ( $34 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), reduzindo esse valor para ( $12,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando não for aplicado N e aumentar o nível de sais na água para  $6,4 \text{ dS m}^{-1}$ . Portanto, verificamos ao longo do tempo que o comportamento da fotossíntese foi linear no girassol, dos 30 aos 60 DAP, reduzindo sua fotossíntese em 63%.

**Figura 1** – Superfície de resposta da fotossíntese do girassol, cv. BRS 324, aos 30 DAP (A) e 60 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada.



Os efeitos negativos da irrigação com água salina em oleaginosas têm sido observados por vários autores na literatura científica nacional (BLANCO et al. 2007; CORREIA et al. 2009; SILVA et al. 2008; SILVA et al. 2009), inclusive na cultura do

girassol (NOBRE et al. 2010; SILVA et al. 2009). Apesar disso, Katerji et al. (2000) classificaram o girassol como tolerante à salinidade. Entretanto, Ashraf e Tufail (1995) verificaram que há grande variação de tolerância à salinidade em genótipos de girassol, afetando seus aparatos morfológicos, fisiológicos.

Segundo Qiu e Lu (2003) relatam que ocorreu um decréscimo da transpiração, fotossíntese e condutância estomática e uma pronunciada diminuição nas concentrações de clorofilas a, b e totais sugerindo que a taxa fotossintética deve ter sido reduzida devido às limitações estomáticas em função da altas concentrações de sais a água salina, como exemplo na cultura do *Atriplex halimuse*.

Sendo uma espécie do tipo C3 (GLENN et al. 1998), mas tolerante ao déficit, apresenta elevado eficiência no uso de água (EUA), mas seu índice de assimilação de CO<sub>2</sub> por unidade de água transpirada é afetado. Portanto, a diminuição da transpiração causada pelo efeito do NaCl deve ser vista mais como economia de água, e não como limitação desta espécie. Deste modo, devido a menor pressão de turgescência e a presença de sais na epiderme podem ter desfavorecido a fotossíntese.

Muitas plantas C3 e C4 requerem Na<sup>+</sup> em pequenas quantidades para converter piruvato a fosfoenolpiruvato em condições de luminosidade (MURATA et al. 1992), e assim controlar a translocação de piruvato através das membranas por um simporte Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> (OHNISHI et al. 1990), e ajudando a manutenção da integridade estrutural dos cloroplastos (BROWNELL; BIELIG, 1996), porem, elevada concentração deste íon causa efeitos adversos, como efeito toxico, desbalanço nutricional na planta. O Na<sup>+</sup> pode atuar como um importante agente osmótico tanto em espécies C<sub>3</sub> como em C<sub>4</sub> especialmente em halófitas nas quais ocorrem em altas concentrações (GREENWAY; MUNNS, 1980).

## **3.2 Segundo cultivo de girassol**

### **3.2.1 Trocas gasosas**

A Tabela 3 mostra o resumo das análises das variâncias dos parâmetros variáveis fisiológicos do girassol para os dados de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g<sub>s</sub>), concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e eficiência no uso da

água (EUA). Verifica-se que com relação as trocas gasosas ocorreu diferenças estatísticas entre os tratamentos de cada fator estudado e na interação entre esses fatores (salinidade x nitrogênio x época), de forma que apresentaram probabilidade de 1 e 5%.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância dos aspectos fisiológicos do girassol, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição.

FV	GL	Quadrados Médios				
		A	Gs	E	Ci	EUA
Blocos	4	11,62**	0,0228**	0,0508**	37,55**	0,7896**
Trat-a (S)	4	718,35**	1,3340**	29,06**	53026,24**	1,3456**
Resíduo-a	16	0,0799	0,0002	0,0003	0,2564	0,0003
Trat-b (N)	3	1005,06**	3,0274**	37,62**	2710,77**	6,92**
Int. (SxN)	12	6,90**	0,0207**	0,2568**	18,51**	0,8697**
Resíduo-b	60	1,26	0,0038	0,0552	3,0940	0,02501
Trat-c (E)	1	925,80**	1,0854**	16,37**	29877,32**	0,0491**
Int. (SxE)	4	25,45**	0,0382**	0,7158**	1306,07**	1,24**
Int. (Nx E)	3	8,90**	0,0169**	0,1448**	10,43**	0,89**
Int. (SxNx E)	12	0,24**	0,0006**	0,0063*	0,4559**	0,0056 <sup>ns</sup>
Resíduo-c	80	0,0148	0,0002	0,0002	0,0187	0,004
CV%(S)		4,5	5,7	4,0	6,5	6,1
CV%(N)		4,9	6,2	5,1	8,9	8,5
CV%(E)		8,6	5,2	6,8	8,6	6,4

Na Tabela 4, esta apresentado os valores médios das variáveis de trocas gasosas na cultura do girassol sob efeito interativo entre água salina, nitrogênio e épocas de avaliação. Podemos constatar que os maiores valores de gs, E, Ci e EUA (1,70; 7,70; 277 e 6,7 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foram obtidos quando fez-se a interação da água salina (0,8 dS m<sup>-1</sup>) a dosagem de nitrogênio (75 kg ha<sup>-1</sup>) na segunda época de avaliação (60 dias). Esses valores são maiores em 3; 2,5; 1,82 e 1,63 vezes quanto comparados aos tratamento de maior salinidade e sem adubação nitrogenada, respectivamente, gs, E, Ci e EUA. Verificamos ainda que, a medida que aumentou a concentração de sais na água de irrigação e diminuiu a quantidade de nitrogênio aplicado obteve os menores valores médios principalmente na primeira época de avaliação. Também, podemos ver que as trocas gasosas na segunda época foram em geral 20% maiores comparadas com a primeira época de avaliação.

**Tabela 4** - Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do girassol cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )	Primeira época				Segunda época			
		gs	E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Ci	EUA	gs	E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Ci	EUA
0,8	0	0,78bD	4,2bD	216bC	5,3	0,94cD	4,9cD	254,4bD	5,6
	25	1,00bC	4,8bC	221,5bC	5,6	1,21bC	5,7bC	261,3bC	6,1
	50	1,26abB	5,4abB	229,6abB	6,1	1,52abB	6,4ab	270,5abB	6,5
	75	1,40aA	6,5aA	235,6aA	5,3	1,70aA	7,7aA	277,0aA	6,7
2,2	0	0,70bB	3,8cD	194,9bC	5,3	0,83cB	4,3abD	223,9abD	5,2
	25	0,90bB	4,3bC	199,6bC	5,5	1,07bB	5,0abC	230,0abC	5,9
	50	1,13bAB	4,9abB	206,abB	5,9	1,34bA	5,6abB	238,1abB	6,1
	75	1,26abA	5,9abA	211,6abA	6,1	1,49abA	6,8abA	243,7abA	6,5
3,6	0	0,63cB	3,4bD	174,9bC	4,7	0,72cC	3,8bD	197,1bC	4,9
	25	0,81bcB	3,9bC	179,7bC	5,3	0,94bcC	4,4bC	202,4bC	5,6
	50	1,02bA	4,4bB	186,0bB	5,8	1,18bB	5,0bB	209,5bB	5,9
	75	1,14bA	5,3bA	190,4bA	5,9	1,31abA	5,9bA	214,5bA	6,1
5,0	0	0,57cC	3,1bcC	157,4cC	4,7	0,64cD	3,4cD	173,4cD	4,7
	25	0,73bcBC	3,5bcC	161,7cC	5,1	0,83cC	3,9cC	178,1cC	5,3
	50	0,92bcAB	4,0bcB	167,4cAB	5,5	1,04cAB	4,4cB	184,3cB	5,9
	75	1,02bcA	4,7bcA	171,4cA	5,6	1,15cA	5,2cA	188,7cA	6,1
6,4	0	0,51dB	2,8cD	141,7cC	4,5	0,56dD	3,0cD	152,6dD	4,1
	25	0,66cB	3,2cC	145,5cC	4,7	0,73dC	3,4cC	156,7dC	4,9
	50	0,83bA	3,5cB	150,6cB	5,3	0,91dB	3,8cB	162,2dB	5,5
	75	0,92bA	4,3cA	154,2cA	5,4	1,02dA	4,6cA	166,1dA	5,6

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade.

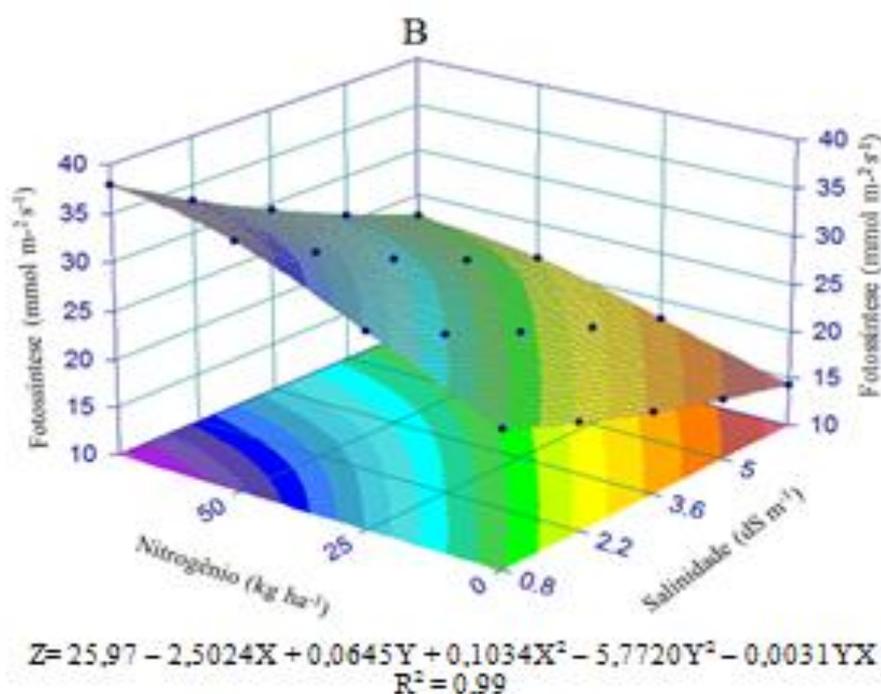
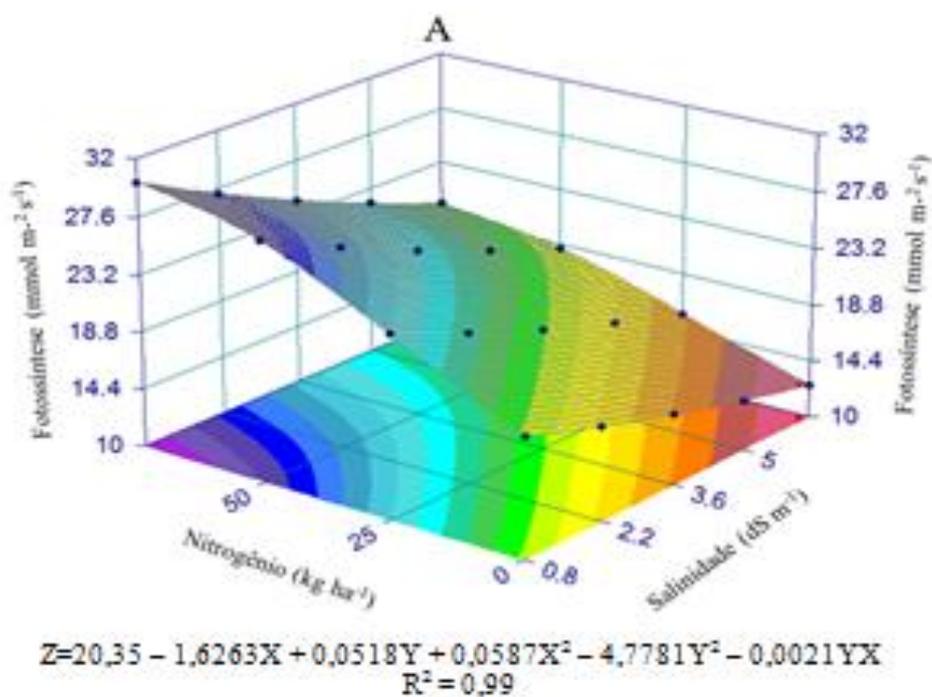
Os efeitos da salinidade foram mais expressivos sobre a condutância estomática, obtendo grande variação entre os tratamentos salinos principalmente, concordando com os resultados obtidos por autores como (ASSIS JÚNIOR et al. 2007). A redução nas trocas gasosas pode ser decorrente do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos e iônicos da salinidade, e da toxidez iônica sobre o metabolismo (PLAUT et al. 1990; GUIMARÃES, 2005; BEZERRA et al. 2005; WILSON et al. 2006b).

O estresse salino causa uma redução na transpiração indicando que, quando submetidas a condições salinas, plantas de girassol tendem a fechar os estômatos, havendo, como consequência, redução na quantidade de água transpirada, o que pode contribuir para redução na absorção e carregamento de íons Na<sup>+</sup> e Cl para o interior das

plantas. Pela transpiração, a planta controla sua perda de água para o ambiente na forma de vapor de água. Esse processo é dominante nas relações de água na planta, em virtude do grande volume de água requerido para o controle de vários processos fisiológicos no organismo vegetal. Esse processo é, também, afetado pelos níveis de absorção mineral, uma vez que a transpiração acelera a ascensão da seiva (KRAMER; BOYER, 1995).

As Figura 2 (A e B), representam a superfície de resposta da fotossíntese do girassol irrigado com água salina e adubado com diferentes doses de nitrogênio em duas épocas de avaliação. De acordo com os modelo matemáticos que melhor se ajustaram as duas figuras, pode-se observar que os maiores valores de fotossíntese ( $30$  e  $38 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), foram obtidas com os tratamento S1N4 ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), comparado as menores taxas fotossintéticas ( $12$  e  $14 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), sendo superiores  $60$  e  $64\%$ , respectivamente aos  $30$  ( $60$  e  $60 \text{ DAP}$ ).

**Figura 2** – Superfície de resposta da fotossíntese do girassol, cv. BRS 324, aos 30 DAP (A) e 60 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada.



Um dos fatores que ocasiona a redução na matéria seca segundo Lacerda et al (2003) é o fato de a salinidade acarretar o fechamento estomático, limitando a assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , e inibir a expansão foliar e acelerando a senescência de

folhas maduras, reduzindo a área destinada ao processo fotossintético e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados.

À medida que aumenta a concentração salina na solução do solo, sua pressão osmótica também é aumentada, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não terão força de sucção suficiente para supera-la e, conseqüentemente, não irão conseguir absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, seca fisiológica (SANTOS, 2000).

O suprimento adequado de água para a cultura é um dos principais fatores para garantir uma boa produção de matéria seca (MS) ou biomassa. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1999), a baixa disponibilidade de água para as plantas e uma excessiva taxa transpiratória promovem um imediato fechamento dos estômatos, o que resulta na paralisação da fotossíntese, com serias reduções na quantidade de biomassa.

O fechamento parcial dos estômatos provocado pela salinidade reduziu as taxas de transpiração e fotossíntese (GUIMARÃES, 2005; SOUSA, 2006). É conhecido que o estresse salino pode estimular ou inibir enzimas, que estão associadas às mudanças nos processos fisiológicos de plantas submetidas ao estresse, associado aos efeitos osmóticos da salinidade, e da toxidez iônica sobre o metabolismo (BEZERRA et al. 2005). Conforme SULTANA et al. (1999), a redução na condutância estomática pode provocar declínio na fotossíntese líquida, devido a uma redução na pressão parcial do CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares ou na câmara sub-estomática.

Segundo Dias (2004), o comportamento das plantas em relação à salinidade pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento, embora não seja claro se isto é devido à suscetibilidade à salinidade em um determinado estágio de crescimento ou ao longo período em que a planta ficou exposta à salinidade, ou a interação entre estes fatores. Para Gulzar et al. (2003), os estresses provocados pelo excesso de íons, em geral, diminuem a assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração e fotossíntese das plantas e, por conseguinte, acabam por prejudicar a produção e a produtividade das culturas.

Evidencia também que com a elevação da temperatura, aumenta a intensidade respiratória, uma vez que as plantas mais estressadas diminui sua absorção de nutrientes. Dessa forma, a corrente transpiratória que, no xilema, conduz o nutriente para a parte aérea, pode aumentar a tensão puxando os elementos contidos nos espaços intercelulares e na parede celular da raiz, havendo maior transpiração, o que aumenta o fluxo de massa para a raiz.

### 3.3 Primeiro cultivo de milho

#### 3.3.1 Trocas gasosas

A partir do resumo das análises das variâncias dos parâmetros fisiológicos do milho como de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), eficiência no uso da água (EUA), está apresentado na Tabela 5. Podemos verificar que houve efeito significativo dos tratamentos nas variáveis analisadas, também na interação desses tratamentos e, quando foi realizada uma interação tripla entre S x N x E, observamos que apenas a fotossíntese e eficiência no uso de água foram significativos a 5% de probabilidade. As variáveis condutância estomática, transpiração e carbono interno não foram afetadas pela interação, entre os três fatores. Verificamos ainda os baixos coeficientes de variação de cada variável estudada. (Tabela 5)

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas do milho, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição.

FV	G.L	Quadrados Médios				
		A	Gs	E	Ci	EUA
Blocos	4	25,08**	0,0003**	0,6777**	504,82**	3,71**
Trat-a (S)	4	400,15**	0,0360**	5,40**	6207,16**	3,93**
Resíduo-a	16	0,0347	0,0001	0,00094	0,6989	0,0011
Trat-b (N)	3	5272,09**	0,6363**	45,56**	39403,22**	12,50**
Int. (SxN)	12	7,03**	0,00088 <sup>ns</sup>	0,0630**	54,55 <sup>ns</sup>	0,0037**
Resíduo-b	60	2,03	0,00076	0,0157	31,75	0,2052
Trat-c (E)	1	18062,63**	1,62**	244,05**	280191,24**	33,07**
Int. (SxE)	4	25,01**	0,0022**	0,3379**	387,94**	3,93**
Int. (NxE)	3	329,50**	0,0397**	2,8478**	2462,70**	0,0311**
Int. (SxNx E)	12	0,46**	0,00006**	0,39 <sup>ns</sup>	3,40 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>
Resíduo-c	80	0,17	0,00004	0,0002	3,07	0,0012
CV% (S)		4,9	1,6	6,9	5,6	4,1
CV% (N)		3,7	7,6	2,8	3,7	5,5
CV% (E)		1,1	1,7	1,2	1,7	4,3

Analisando a Tabela 6, nota-se que os fatores estudados (S x N x E) influenciaram os valores das trocas gasosas de forma haver diferença significativa entre os tratamentos. Portanto, quando interagiu o menor efeito residual com a máxima

adubação nitrogenada na segunda avaliação foram obtidos os maiores valores das trocas gasosas comparavelmente aos menores valores médios dessas trocas quando água de maior salinidade, sem nitrogênio aplicada, na primeira época de avaliação.

As trocas gasosas nas folhas decresceram à medida que aumentaram os níveis de salinidade dos tratamentos. Isso indica a existência de limitações estomáticas para o processo de assimilação de carbono, não podendo, entretanto, descartar a possibilidade de efeitos não estomáticos devido à toxidez de íons e à redução do potencial hídrico nos níveis mais elevados de sais. De acordo com Larcher (2000), quando os efeitos osmóticos e iônicos da salinidade excedem o nível de tolerância funcional da planta, ocorrem distúrbios funcionais e injúrias, sendo que a fotossíntese não é limitada devido somente ao fechamento estomático, mas, também, pelo efeito do sal sobre os cloroplastos, em particular sobre o transporte eletrônico e sobre os processos secundários.

**Tabela 6** - Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e eficiência no uso de água (EUA) do milho cultivado em função de diferentes níveis residuais dos sais no solo, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Primeira época				Segunda época			
		gs	E	Ci	EUA	gs	E	Ci	EUA
		(mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )							
0,8	0,0	0,20cD	2,7cC	93,4bD	11,5	0,33cD	4,6cD	155,6cD	7,8
	108,5	0,25bcC	3,4cC	122,4bC	10,6	0,42bC	5,6bC	204,0bC	7,5
	217,0	0,32bB	3,8bB	132,8abB	11,6	0,53abB	6,4abB	221,3bB	8,0
	325,5	0,42aA	4,6aA	148,8aA	9,8	0,70aA	7,7aA	248,0aA	6,8
2,2	0,0	0,19cD	2,6cD	88,7bC	11,2	0,31cD	4,3cD	147,8cC	7,8
	108,5	0,24bC	3,2cC	116,2bC	10,6	0,40bC	5,3bC	193,8cC	7,5
	217,0	0,30bB	3,6bB	126,1bB	11,7	0,50bB	6,1bB	210,2bB	8,0
	325,5	0,39bA	4,4bA	141,3abA	9,5	0,66bA	7,3abA	235,6bA	6,7
3,6	0,0	0,18cD	2,4cD	84,7cD	11,3	0,30cD	4,1bcD	140,1cD	7,7
	108,5	0,23cC	3,0cC	110,0cC	10,7	0,40cC	5,1bcC	183,6cC	7,3
	217,0	0,28bB	3,4bB	119,5bB	9,7	0,50bB	5,8bcB	199,2bB	6,6
	325,5	0,37bA	4,1bA	133,9bA	10,2	0,63bA	6,9bA	223,2bA	7,1
5,0	0,0	0,17dD	2,3cD	79,8dD	11,3	0,28cC	3,9cD	133,1dD	7,8
	108,5	0,21cC	2,9cC	104,6cC	10,0	0,36bcC	4,8cC	174,4cC	7,0
	217,0	0,27bB	3,3cB	113,5cB	10,0	0,45bB	5,5bB	189,2cB	7,0
	325,5	0,35bA	3,9bA	127,2bA	10,3	0,59bA	6,6bA	212,0bA	7,0
6,4	0,0	0,16eD	2,2dC	75,6eC	11,4	0,27dC	3,7dC	126,1eC	7,9
	108,5	0,21cC	2,7cC	99,4dBC	10,7	0,34cC	4,5cB	165,2dB	7,5
	217,0	0,25cB	3,1cB	107,5cB	10,6	0,43bB	5,2bcB	179,2cB	7,4
	325,5	0,34bA	3,7cAB	120,5bA	10,3	0,57bA	6,2bA	200,8bA	7,1

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade.

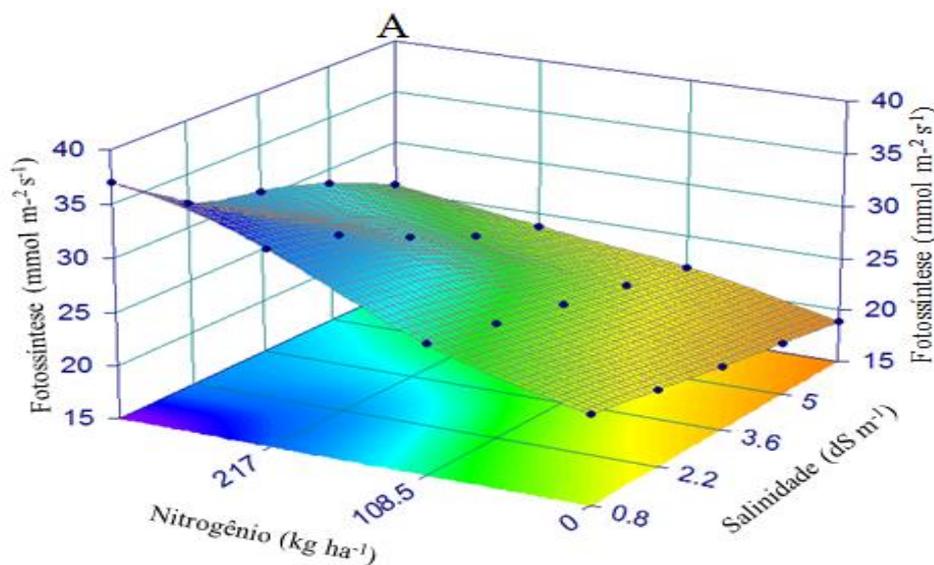
Os dados acima corroboram com YAHYA (1998) e DE GARCIA, (2007) pela literatura, pois a redução ou inibição do crescimento das plantas pela salinidade tem

vido atribuída ao efeito osmótico associado à absorção excessiva de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes.

A interação entre níveis de salinidade e doses de nitrogênio para a altura do milho em duas épocas foi significativa, ajustando-se a um modelo linear de regressão. Por meio do estudo de superfície de resposta, constatou-se a fotossíntese máxima do milho ( $36$  e  $45 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $325,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , nas Figuras 3A e 3B, respectivamente. A fotossíntese foi reduzida ( $19$  e  $23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando aumentou o nível de salinidade para  $6,4 \text{ dS m}^{-1}$  e sem adubação nitrogenada, obtendo uma diminuição de  $47$  e  $48\%$  na fotossíntese nas duas épocas de avaliação.

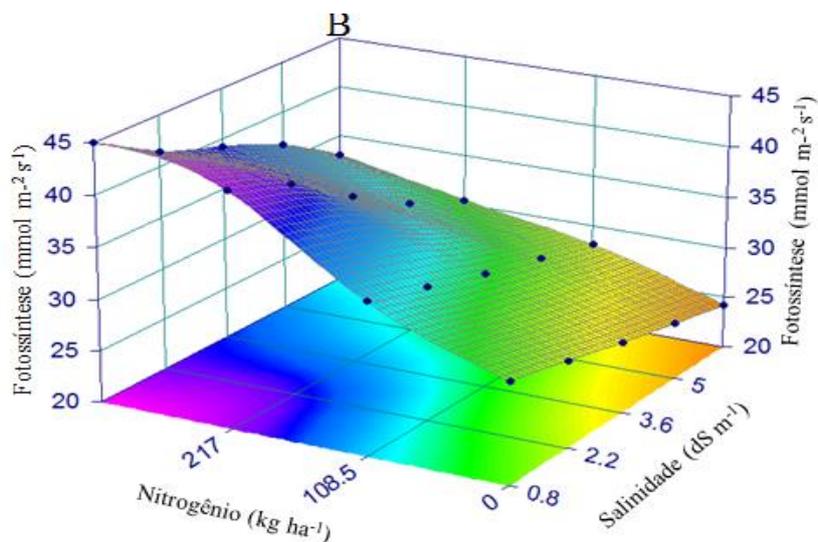
Na mesma Figura verifica-se que, o efeito do nitrogênio é mais expressivo que a salinidade sobre a fotossíntese do milho, isso pode ser constatado pelo grau de inclinação na interligação dos pontos entre os fatores estudados.

**Figura 3** – Superfície de resposta da fotossíntese do milho, AG1051, aos 40 DAP (A) e 80 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada.



$$Z = 25,69 - 1,3380X + 0,0380Y - 0,00002161Y^2$$

$$R^2 = 0,94$$



$$Z = 32,60 - 1,6284X + 0,0507Y - 0,00003806Y^2$$

$$R^2 = 0,96$$

De certa forma, como foi observado anteriormente por Silva et al. (2003), em adição ao decréscimo na taxa fotossintética podemos constatar que a diminuição na área foliar causada pelos crescentes níveis de salinidade dos tratamentos, diminuiu consideravelmente a área destinada ao processo fotossintético, tornando menor a capacidade produtiva da cultura do milho.

### 3.4 Segundo ciclo de milho

#### 3.4.1 Trocas gasosas

O resumo das análises das variâncias dos parâmetros fisiológicos do milho para os dados de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e eficiência no uso da água (EUA) está apresentado na Tabela 7. Pode-se averiguar que todas as variáveis foram influenciadas pelos tratamentos aplicados sendo altamente significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Isso também é observado nas interações entre os fatores estudados.

**Tabela 7** - Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas do milho, submetidas à irrigação com de diferentes níveis salinos, dosagens de nitrogênio em duas épocas de medição.

FV	GL	Quadrados Médios				
		A	Gs	E	Ci	EUA
Blocos	4	271965,61 <sup>ns</sup>	275,09 <sup>ns</sup>	73488,38 <sup>ns</sup>	5474294,10 <sup>ns</sup>	64252,72 <sup>ns</sup>
Trat-a (S)	4	241672748,7**	217472,43**	32654412,83**	374887812,3**	1772333,0**
Resíduo-a	16	20972,59	212,13	566,65	4221539,68	4957,05
Trat-b(N)	3	57169769,39**	690056,94**	494114,17**	427283075,5**	216581,12**
Int. (SxN)	12	44086873,22**	5321,29**	381039,37**	329502326,9**	167119,29**
Resíduo-b	60	89479,81	334,51	695,71	1398665,21	14511,45
Trat-c (E)	1	312440861,9**	281153,01**	42216479,03**	484664792,2**	22927014,4**
Int. (SxE)	4	241677231,0**	217476,81**	32655017,27**	3748947610,7**	17723530,7**
Int. (Nx E)	3	5699666,36**	6879,49**	492618,45**	425989289,3**	216187,70**
Int.(SxNx E)	12	4408769,19**	5321,16**	381046,14**	329508438,4**	167121,28**
Resíduo-c	80	1225,91	256,45	2021,23	2165445,38	24001,97
CV% (S)		11,5	3,8	16,3	13,1	20,7
CV% (N)		7,5	15,4	5,7	7,6	11,2
CV% (E)		8,8	13,4	9,7	9,4	14,4

Avaliando os valores médios das trocas gasosas do milho na Tabela 8, pode-se observar que o efeito residual e as doses de nitrogênio afetaram os mesmos. Os maiores valores de trocas gasosas são observadas na interação tripla do menor efeito residual (0,8 dS m<sup>-1</sup>), maior dose de nitrogênio (325,5 kg ha<sup>-1</sup>) na segunda época de avaliação, com valores de 0,81; 8,9; 288,3 e 10,7 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente, para gs, E, Ci e EUA, comparados com os menores valores médios (0,21; 2,9; 101,8 e 4,9 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, no tratamento de maior efeito residual, sem adubação nitrogenada na primeira época de avaliação.

**Tabela 8** - Médias de condutância estomática (gs), transpiração (E), Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência no uso de água (EUA) do milho cultivado em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação, dosagens de nitrogênio, em duas épocas de avaliação. Fortaleza – CE

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Primeira época				Segunda época			
		gs	E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Ci (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	EUA	Gs	E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Ci (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	EUA
0,8	0,0	0,22cD	3,0bD	104,9bD	5,6	0,39cD	5,3bD	181,0cC	9,8
	108,5	0,28bC	3,7bC	137,5bC	5,3	0,49bC	6,5bC	237,2bC	9,2
	217,0	0,35abB	4,3abB	149,2abB	5,7	0,62abB	7,5abB	257,3bB	9,9
	325,5	0,46aA	5,1aA	167,2aA	6,2	0,81aA	8,9aA	288,3aA	10,7
2,2	0,0	0,22cD	3,0bD	103,8bD	5,5	0,38cD	5,2bD	179,1cD	9,6
	108,5	0,28bC	3,7bC	136,1bC	5,6	0,49bC	6,5bC	234,8bC	9,7
	217,0	0,35abB	4,2abB	147,7bB	5,7	0,61abB	7,3bB	254,7abB	9,9
	325,5	0,46abA	5,1abA	165,5abA	6,0	0,80abA	8,9abA	285,4abA	10,4
3,6	0,0	0,22cD	3,0bD	102,8cD	5,3	0,38cC	5,2bD	177,4cD	9,2
	108,5	0,27cC	3,6bC	134,7bC	5,4	0,48cC	6,3bC	232,4bC	9,4
	217,0	0,34bcB	4,2abcB	146,2bB	5,6	0,60abB	7,3bB	252,2bB	9,7
	325,5	0,45bA	5,0abA	163,9abA	5,6	0,79abA	8,7bA	282,6abA	9,8
5,0	0,0	0,21cD	2,9cC	101,8cD	4,9	0,37cD	5,1bcD	175,6cD	8,6
	108,5	0,27cC	3,6bC	133,4cC	5,2	0,48cC	6,3bcC	230,1bcC	9,0
	217,0	0,34bcB	4,1bB	144,8bB	5,2	0,60bcC	7,1bcB	249,7bB	9,1
	325,5	0,45bc	4,9bA	162,2bcA	5,5	0,78bA	8,6bcA	279,8bA	9,5
6,4	0,0	0,22cD	2,9cD	100,8dD	4,8	0,3cD	5,0cD	173,8cD	8,4
	108,5	0,27cC	3,6cC	132,1cB	5,0	0,47cC	6,3cB	227,8cC	8,7
	217,0	0,34bcB	4,0cB	143,3bC	5,1	0,59bcB	7,0bB	247,2bcB	8,8
	325,5	0,45bA	4,8cA	160,6bA	5,2	0,78bA	8,3bA	277,0bA	9,0

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente dentro do tratamento salino, e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos salinos pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade

Tanto a salinidade como o tempo de coleta e a interação salinidade x dose de nitrogênio afetaram significativamente todos os parâmetros de trocas gasosas estudadas. Isto mostra que o estresse salino teve pouca influencia comparada aos demais fatores em plantas nutridas com as diversas fontes de nitrogênio empregadas neste trabalho.

A condutância estomática (gs) foi pouco afetada pela salinidade residual nos diversos tratamentos de N e nos dois tempos de exposição ao NaCl. De acordo com Brugnoli e Lauteri (1991) o efeito primário do estresse salino é o fechamento dos estômatos, sendo as reações nos cloroplastos afetadas apenas quando vários outros processos são também afetados.

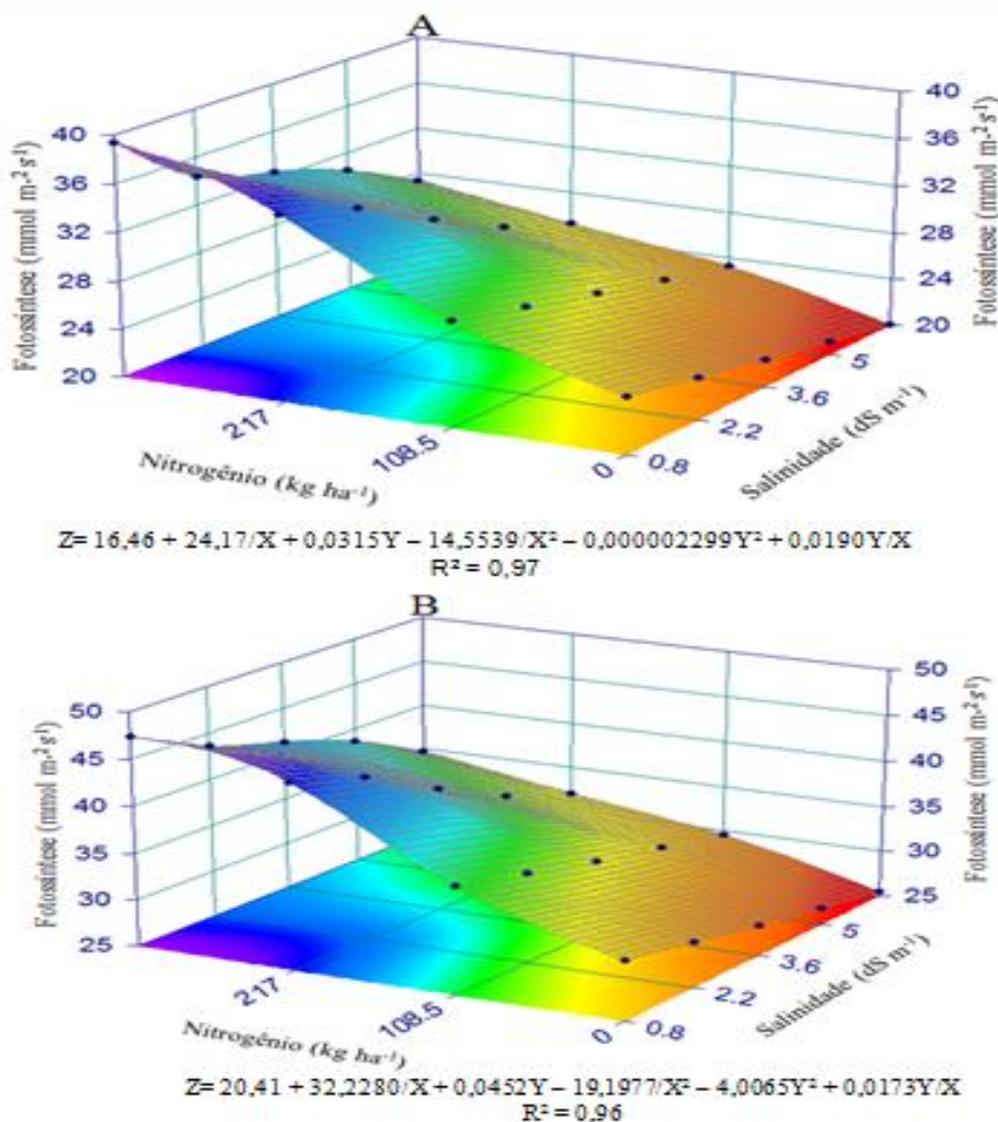
A relação entre as concentrações internas e externas de CO<sub>2</sub>(Ci/Co) sofreram pouco efeito da salinidade de maneira diferente dependendo do N aplicado. As plantas tratadas com NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e expostas ao estresse apresentaram um aumento na relação Ci/Co, mostrando que a inibição drástica da fotossíntese nestas plantas, pela salinidade, pode

ser associada a causas tanto estomáticas, pela redução da  $g_s$ , como não-estomáticas, evidenciada pelo aumento da concentração interna de  $CO_2$ , podendo então serem devidas aos efeitos osmóticos e tóxicos decorrentes do acúmulo de íons  $Na^+$  e  $Cl^-$  nos cloroplastos (PARIDA; DAS, 2005; GUIMARÃES, 2005).

O decréscimo da eficiência no uso da água tem como consequência, redução da produtividade, além de seus efeitos se propagarem sobre as demais variáveis conforme observação de Katerji et al. (2001; 2004) cultivando fava, soja, milho, beterraba, girassol; e Garcia et al. (2009) cultivando feijoeiro. Porém, é observado incremento da EUA com o aumento da salinidade, demonstrando que o excesso de irrigação provoca lixiviação excessiva (FERREIRA et al. 2006).

Analisando a superfície de resposta da Figura 4 (A e B), verificamos que pelos modelos matemáticos que mais se ajustaram, tanto na Figura 4A como na Figura 4B, a máxima fotossíntese do milho ( $39$  e  $46 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) com  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e  $325,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , respectivamente, comparado a menor fotossíntese ( $20$  e  $26 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando aumentou o nível de salinidade para  $6,4 \text{ dS m}^{-1}$  e sem adubação nitrogenada, uma redução de  $49$  e  $43\%$  na fotossíntese entres as duas épocas de avaliação (40 e 80 DAP).

**Figura 4** – Superfície de resposta da fotossíntese do milho, AG1051, aos 40 DAP (A) e 80 DAP (B), em função da irrigação com água salina e adubação nitrogenada.



Vários trabalhos têm demonstrado uma maior redução da fotossíntese em plantas submetidas a  $\text{NH}_4^+$  como única fonte de N, tanto em condições controle como de estresse salino (CLAUSSEN; LENZ, 1999; FRECHILLA et al. 2001). O efeito negativo da salinidade na Figura 4A, A resultou predominantemente da redução na gs, a qual regula a pressão parcial intracelular de  $\text{CO}_2$  e a E (SEEMANN; CRITCHLEY, 1985; GUO et al. 2007).

A perda da atividade fotossintética acontece em paralelo à degradação de proteínas e RNA mensageiros, enquanto N, fósforo (P) e outros nutrientes são transferidos das folhas (BUCHANANWOLLASTON et al. 2003). A remobilização de N, P, K em folhas de Arabidopsis foi de 80% durante a senescência (HIMMELBLAU;

AMASINO, 2001). Em plantas C3 mais de 75% do nitrogênio celular total está localizado nos cloroplastos foliares (PEOPLES; DALLING, 1988).

### 3.5 Eficiência no Uso de Nitrogênio

#### 3.5.1 Girassol

O N é um dos nutrientes mais limitantes para a produção das culturas e sua eficiência de uso é importante para a sustentabilidade econômica dos sistemas agrícolas (FAGERIA; BALIGAR, 2005). Diversas definições podem ser encontradas na literatura para a eficiência de uso de nitrogênio, mas de maneira geral, pode ser simplificada pela relação entre a produtividade de grãos obtida e a quantidade disponível de nitrogênio (FAGERIA, 1998).

Os investigadores têm dado maior atenção ao manejo do fertilizante nitrogenado em campos afetados por sais nos últimos anos. Propor manejo da adubação de N é necessário em todos os solos, mas é particularmente importante em solos salinos, onde N pode reduzir a influência negativa da salinidade no crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas (VILLA-CASTORENA et al. 2003; ESMAILI et al. 2008; HOU et al. 2009).

A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) para a cultura do girassol está representada na Tabela 9. Verifica-se que não foi calculada a EUN para os tratamentos em que não aplicaram N, já que a eficiência de uso do N leva em consideração o N aplicado ao solo e, nesse caso, tal não ocorreu. Podemos observar que com o aumento da dose de N aplicada, a eficiência do uso de nitrogênio diminuiu, sendo maior essa redução com o aumento da salinidade em ambos os ciclos.

No primeiro ciclo de girassol verificou-se que quando as plantas foram irrigadas com água de menor salinidade e adubadas com dosagem de 25 kg de N ha<sup>-1</sup>, apresentaram uma eficiência de 105,68 g massa seca. g<sup>-1</sup> de N aplicado, sendo superior em 1,5 vezes, comparado as plantas irrigadas com água de 6,4 dS m<sup>-1</sup> e adubadas também com 25 kg de N ha<sup>-1</sup>. No segundo ciclo de girassol, a EUN seguiu-se o mesmo comportamento, sendo superior em 1,4 vezes, entre os tratamentos citado acima.

Ainda na mesma Tabela, pode-se ver que as plantas de girassol apresentaram maior eficiência no uso de nitrogênio no segundo ciclo comparando ao primeiro ciclo, em todos os tratamentos aplicados.

**Tabela 9-** Valores médios da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) do girassol, cv. BRS 324, em resposta do efeito salino da água e doses de nitrogenio.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Primeiro ciclo	Segundo ciclo
		EUN (g massa seca. g de N aplicado <sup>-1</sup> )	EUN
0,8	0	-	-
	25	105,68 ±3,72	120,80 ±2,05
	50	55,11 ±3,31	65,60 ±1,66
	75	51,14 ±2,86	57,20 ±1,46
2,2	0	-	-
	25	97,22 ±4,62	115,74 ±3,05
	50	50,70 ±4,28	60,35 ±2,04
	75	42,14 ±3,31	50,17 ±1,63
3,6	0	-	-
	25	88,47 ±5,72	105,32 ±4,23
	50	46,13 ±4,05	54,92 ±2,45
	75	38,35 ±3,28	45,66 ±2,11
5,0	0	-	-
	25	79,62 ±6,15	88,79 ± 5,42
	50	41,52 ±2,55	49,43 ±3,27
	75	34,52 ±3,34	41,09 ±2,50
6,4	0	-	-
	25	70,87 ±6,20	84,36 ±5,50
	50	36,95 ±2,94	43,99 ±3,40
	75	30,72 ±2,88	36,57 ±3,20

O N é responsável pelo incremento da área foliar da planta, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005). O uso da dose adequada de N evita o aumento excessivo da área foliar, que pode propiciar auto-sombreamento, o qual diminui a eficiência fotossintética e a transpiração.

Ding et al. (2010) relatam que NO<sub>3</sub>-N tem duas funções nutricionais e osmóticas em condições salinas, como a produção de matéria seca e rendimento, porém, isso é altamente reduzido com a elevação da salinidade. Mas essas funções do NO<sub>3</sub> ainda pode ter um melhor desempenho desde que aumente a aplicação de N, porém, sua eficiência é reduzida (HOMAEE et al. 2002). Essas informações vão ao encontro das observações nesta pesquisa, pois tanto o aumento da salinidade como da dose nitrogenada reduz a eficiência do nitrogênio.

Esses resultados corroboram, em parte, dos obtidos por Aujla et al. (2007) os quais, trabalhando com métodos de irrigação e níveis de nitrogênio, constataram aumento no rendimento de culturas anuais até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>; mas, a EUN

reduziu com aumento do N aplicado, no entanto, é oportuno ressaltar que ambas pesquisas foram realizadas em condições de campo nas quais as plantas apresentaram maior desenvolvimento do sistema radicular e, em contrapartida, capacidade de explorar maior volume de solo e absorver mais nutrientes.

Quanto ao aumento da EUN entre os ciclos, onde o segundo ciclo foi maior, acreditamos que isso se deve ao tipo de manejo empregado (rotação de cultura), que tem o propósito de deixar os resíduos vegetais sobre o solo, reduzindo a evaporação no solo, deixando mesmo mais próximo de sua capacidade de campo, diluindo mais o sais e provavelmente maior decomposição dos restos culturais, conseqüente maior teor de matéria orgânica comparada ao primeiro ciclo.

Hou et al. (2010) relataram que o aumento da taxa de aplicação de N promoveu significativamente o crescimento e absorção de nitrogênio pelo algodão irrigado com água doce, e menor crescimento e absorção em água salobra. No entanto, o aumento da aplicação de N teve pouco efeito sobre algodão irrigado com água salina, isso porque a EUN reduziu com aumento dos sais e de N no solo. A principal razão foi que a água salina inibiu a absorção de N, pois no que diz respeito a evapotranspiração, Zhu et al. (2011) observaram que a água de irrigação de solução salina aumentou a acumulação de sais na zona da raiz, o que resulta numa redução da evapotranspiração.

Geralmente, os aproveitamentos de N decrescem com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento de N exceder as necessidades da cultura; tais decréscimos têm como conseqüências as perdas de amônia, que aumentam com a dose de aplicação, e esse aumento pode ser linear ou exponencial.

Reddy e Reddy (1993) obtiveram resultados semelhantes à eficiência no uso do fertilizante nitrogenado na região Piedmont, de North Carolina (USA), variando de 43 a 57%. O N perdido (não explicado) foi aproximadamente três vezes maior quando a dose aplicada do fertilizante N foi aumentada de 100 para 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A maioria dos resultados em estudos sobre salinidade e nitrogênio focaram tanto na salinidade como um fator limitante para crescimento da cultura (ORAK E ATES, 2005; SUPANJANI e LEE, 2006) ou sobre a influência do N no crescimento da cultura (HABERLE et al. 2006). Pesquisas mostram que o crescimento do algodão foi significativamente afetado pela interação entre salinidade do solo e N, mas não por N sozinho, mas que independentemente da salinidade ou do N a EUN reduz (CHEN et al. 2010a).

Um dos fatores que influenciam a absorção de nitrogênio, segundo Novais e Smith (1999) é a disponibilidade de fósforo. A concentração de fósforo na solução do solo, na maioria das regiões produtoras de milho em especial na região do cerrado, está abaixo do teor considerado crítico para as plantas, além disso, apenas em torno de 10% do fósforo proveniente da adubação pode ser recuperado pelas plantas (CIARELLI, et al. 1998). No entanto, não há relatos na literatura atual a respeito da influência da disponibilidade de fósforo na seleção de genótipos com potencial como fonte de germoplasma para aumento da eficiência no uso de nitrogênio.

### 3.5.2 Milho

Pode-se ver na Tabela 10, a EUN para a cultura do milho em dois ciclos, submetidos a diferentes efeitos residuais e doses nitrogenadas. Averigou-se que a EUN reduziu com o aumento da dose de N aplicado e também com o aumento do efeito residual da salinidade, porém, este último teve pouca influência na redução da EUN, comparado ao aumento do N.

Verificou-se que no primeiro ciclo da cultura do milho a EUN foi de 60,19 g massa seca.  $g^{-1}$  de N aplicado (0,8 dS  $m^{-1}$  e 108,5 kg de N  $ha^{-1}$ ), sendo maior 1,07 vezes, ao tratamento (6,4 dS  $m^{-1}$  e 108,5 kg de N  $ha^{-1}$ ), que apresentou eficiência no uso de N de 56,05 massa seca.  $g^{-1}$  de N aplicado.

Já no segundo ciclo que a EUN foi em torno de 19% superior ao primeiro ciclo, em todos os tratamentos estudados. Também, constatou-se que a EUN reduziu com o aumento do N, pois essa redução está mais relacionada ao N do que ao efeito residual dos saís.

**Tabela 10-** Valores médios da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) do milho, AG105, em resposta do efeito residual da salinidade da água e doses de nitrogenio.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Primeiro ciclo (2012)	Segundo ciclo (2013)
		EUN (g massa seca. g de N aplicado <sup>-1</sup> )	EUN
0,8	0	-	-
	108,5	60,19 ±2,07	71,65 ±2,04
	217	33,81 ±1,84	40,25 ±1,67
	325,5	28,02 ±1,25	33,32 ±0,95
2,2	0	-	-
	108,5	61,29 ±1,67	70,94 ±1,24
	217	33,47 ±1,31	39,85 ±0,91
	325,5	25,92 ±0,92	30,86 ±1,38
3,6	0	-	-
	108,5	58,38 ±1,29	69,50 ±1,22
	217	32,80 ±1,23	39,04 ±0,82
	325,5	25,39 ±1,05	30,23 ±0,82
5,0	0	-	-
	108,5	57,29 ±1,23	68,20 ±1,23
	217	32,25 ±1,27	38,39 ±0,84
	325,5	25,39 ±0,84	30,23 ±0,82
6,4	0	-	-
	108,5	56,05 ±0,95	69,72 ±1,12
	217	31,48 ±0,85	37,48 ±0,85
	325,5	24,38 ±0,84	29,02 ±0,82

A produção e distribuição de fotoassimilados estão relacionadas com o suprimento de N e com a cultivar. As cultivares que respondem mais à adubação nitrogenada é em geral, mais eficiente em fotossíntese (OSADA, 1995).

Zhang et al. (2012) relata que quando a salinidade do solo é baixa, o aumento da taxa de aplicação de N ameniza os efeitos adversos causados pela salinidade, pois a cultura responde mais a adubação, principalmente nitrogenada. Com a moderada salinidade do solo, o uso adequado de fertilizantes nitrogenados se faz necessário, mas o excesso de fertilização não beneficiou a captação de N, reduzindo sua eficiência.

Portanto, na presente pesquisa, a redução da EUN esta mais relacionada ao aumento da taxa de N, do que a salinidade, pois a lixiviação dos sais foi suficiente para reduzir o efeito salino e, isso é afirmando quando observamos as diferenças entres os tratamentos salinos. Outro fator que contribui foi o manejo da palhada sobre o solo evitando o escoamento superficial, o que poderia carrear junto os nutrientes.

Além disso, esse manejo foi o maior responsável pelo aumento da eficiencia no segundo ciclo, pois nesse cultivo as condições de fertilidade do solo foi melhor

comparada ao primeiro ciclo, apesar da precipitação durante o período, para lixiviar os sais.

Portanto, se não for adotado o manejo apropriado, pode ocorrer deficiência de N, o que resulta em plantas com baixa fitomassa e senescência prematura, evidenciada pelo amarelecimento das folhas mais velhas. Isso demonstra a importância de manejo como a rotação de cultura. Cerca de 50% do N total absorvido é exportado pelos grãos, e o restante permanece no solo, na forma de resíduos culturais (OLIVEIRA et al. 1996; FAGERIA; BALIGAR, 2005). A baixa recuperação de N é responsável não somente pelo maior custo de produção, mas também pela poluição ambiental (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

#### 4. CONCLUSÕES

As trocas gasosas das plantas de girassol tiveram melhor desempenho com água de menor salinidade, porém, as doses crescentes de nitrogênio reduziram o efeito deletério dos sais, mesmo nos maiores níveis de salinidade, com mais evidência no segundo ciclo.

- A salinidade reduz a eficiência de utilização do N na cultura do girassol, sendo que a redução foi percentualmente maior na dose mais elevada, em média 40% na maior dose e 31% na menor dose.
- As características de trocas gasosas foram pouco influenciadas pelo efeito residual dos sais no solo. Os efeitos deletérios dos sais foram mais pronunciados na fase inicial da cultura quando ainda a concentração dos sais era maior, pois a planta respondeu mais as doses nitrogenadas.
- O efeito residual dos sais tiveram pouca influencia na redução da EUN na cultura do milho, diferente do aumento das doses de N, que influenciou bastante para que reduzisse a eficiência no uso de do nitrogênio.
- As condições de fertilidade do solo no segundo ciclo em ambas as culturas promoveram maior EUN comparado ao primeiro ciclo de cada cultura.

## REFERENCIAS

- ASHRAF, M.; SULTANA, R. Combination effect of NaCl salinity and nitrogen form on mineral composition of sunflower plants. **Biologia Plantarum**, v. 43, p. 615-619, 2000.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; FEITOSA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia. Agrícola**, v.27, p.702-713, 2007.
- ASHRAF M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 01, p. 3-16, 2004.
- AZEVEDO NETO, A.D. **Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plântulas de milho submetidas ao estresse salino**. 1997. 133 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- AZEVEDO-NETO, A.D.; PRISCO, J.T.; ENÉAS-FILHO, J.; LACERDA, C.F.; SILVA, J.V.; COSTA, P.H.A.; GOMES-FILHO, E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, p. 31-38, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. Gheyi et al., Campina grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNSTEIN, N; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A.. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. **Planta**, v.191, p.433. 439, 1993.
- BUCHANAN B, GRUISSEM W, JONES R. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. **American Society of Plants Physiologists**. 2000, p.134
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V.; GHEYI, H.R.; FERNADES, P.D. Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. **Sci. Agric**. 64:451-459, 2007.
- BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. **Plant Physiology**, v. 95, p. 628-635, 1991.

CLAUSSEN, W.; LENZ, F. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes nitrate reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. **Plant and Soil**, v. 95, p. 95-102, 1999.

DIAS, N.S.; GHEYI, H.R.; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003.118p. Série Didática, 13.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, V. G.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista. Ciência. Agronômica.**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro**. In.: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: p. 155 – 169, 1999.

FLORES, P. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 01, p. 177-187, 2002.

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

FRECHILLA, S.; LASA, B.; IBARRETXE, L.; LAMSFUS, C.; APARICIO-TEJO, P. Pea responses to saline stress is affected by the source of nitrogen nutrition (ammonium or nitrate). **Plant Growth Regulation**, v. 35, p. 171-179, 2001.

GLENN, E.; TANNER, R.; MIYAMOTO, S.; FITZSIMMONS, K.; BOYER, J. Water use, productivity and forage quality of the halophyte *Atriplex nummularia* grown on saline waste water in a desert environment. **Journal of Arid Environments**, v.38; p.45-62, 1998.

GUIMARÃES, F.V.A. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl<sub>2</sub> e CaSO<sub>4</sub>**. 2005. 176 f. (Doutorado em Bioquímica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2005.

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

GUO, S.; CHEN, G.; ZHOU, Y.; SHEN, Q. Ammonium nutrition increases photosynthesis rate under water stress at early development stage of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil**, v. 296, p. 115-124, 2007.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, 31:149-190, 1980.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J.W.; HAMDYC, A.; MASTRORILLI, M. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. **Agric. Walter Management**, v.65, p.95-101, 2004.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J.W.; HAMDYC, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops to soil salinity and to water stress day index. **Agric. Walter Management**, v.43; p.99-109, 2000.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

NETONDO, G. W. et al. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v. 44, n. 03, p. 806-811, 2004.

NEUMANN, P. M.; van VOLKENBURGH, E.; CLELAND, R. E. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 88, n. 1, p. 233-237, 1988.

NEUMANN, P. Salinity resistance and plant growth revisited. **Plant, Cell and Environment**, v.20, n.9, p.1193-1198, 1997.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO J. G.; RODRIGUES C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arr. Cam.) submetidas a níveis de Salinidade em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 997-1006, 2004.

OLIVEIRA, L. A. A., BARRETO, L. P., BEZERRA NETO, E., SANTOS M. V. F., COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; v.41, p.31-5, 2006.

PAPADOPOULOS, I.; RENDING, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. **Plant and Soil**, v.73, n.1, p. 47-57, 1983.

PARIDA, R., **Principles and Implementation of Data warehousing**. Laxmi Publication. 2005.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environment Safety**, v. 60, p. 324-349, 2005.

LACERDA, C.F.; MORAIS, M.M.M.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M.A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**. 37:258-263, 2006.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A. & PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, 49:107-120, 2003a.

LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, H. P. M.; OLIVEIRA T. S.; FILHO. E. G. Crescimento e acúmulo de ions em folhas de sorgo forrageiro submetido a soluções iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl). **Ciência Agronômica Botânica**, 2003b.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. e FRANCO. A. C. 2000. 533p.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: Teoria e prática**. Campina Grande – PB: 2000. 171p.

SILVA, J. V. **Efeitos do CaCl<sub>2</sub> no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda Pitiúba estressadas com NaCl**. UFC, 1998, 103p. (Dissertação Mestrado).

SILVA, J.V.; LACERDA, C.F.; COSTA, P.H.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J.T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented whit CaCl<sub>2</sub>. Brazilian, **J. Plant Physiol.**, v.15:99-105, 2003.

SOUSA, R. A. **Efeito da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda Cv. Pitiúba**. 2006. 87 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, n.3, p.211 – 220. 1999.

SHARMA, D.P.; RAO, K.V.G.K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. *Soil and Tillage Research*, v.48,p. 287-295, 1998.

VIANA, A.P.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; HUAMAN, C.A.M.; MOSQUIM, P.R. Teores de Na, K,Mg, e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Sci. Agric.**, 58:187-191, 2001.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Jornal. Plant Nutrition**, v. 21, n.7, p.1439-1451, 1998.

ZHU, J. K. Plant Salt Tolerance. *Trends in Plant Science*, 6:56-71, 2001.

---

### CAPÍTULO 3

## **ANÁLISE MULTIVARIADA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO SOB SISTEMA ROTACIONAL GIRASSOL/MILHO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E NITROGÊNIO**

---

### **RESUMO**

A preocupação com a qualidade do solo tem tido grande destaque dentro do contexto agrícola. Diante disso, tem-se procurado avaliar diferentes manejos de solo para otimizar a produção de várias culturas. Objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo sob sistema de rotação de cultura (girassol/milho) durante 24 meses em cultivos intercalados, cultivando girassol no período seco e milho no período chuvoso. Foi utilizada uma análise multivariada para avaliar o comportamento das variáveis químicas do solo no manejo de sistema rotacional com diferentes níveis de salinidade de água (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>), doses nitrogenadas (0; 50; 100 e 150% da dose recomendada de N) em duas profundidades (0 – 0,30 e 0,30 a 0,60 m). Os atributos químicos do solo sofreram alterações quanto ao sistema de manejo adotado, pois tiveram seus valores de CEes e PST máximos no período seco principalmente na camada superficial. Por meio da análise multivariada foi possível observar que a rotação de cultura, irrigando com água salina no período seco e utilizando a precipitação para lixiviar os sais no período chuvoso apresentou-se como uma estratégia para amenizar os efeitos da salinidade juntamente com o uso do nitrogênio em solos de regiões semiáridas. Ainda constatou-se que o Ca<sup>2+</sup> e o Mg<sup>2+</sup> apresentaram valores elevados independentemente do período de avaliação. Concluiu-se que é possível o solo ter boas condições de cultivo mesmo em ambientes salinos, utilizando rotação de cultura e a lixiviação dos sais no período chuvoso por meio da precipitação pluvial.

**Palavras-Chave:** Fatores químicos do solo; salinidade, Nitrogênio; Manejo de solo; Fertilidade.

---

**CHAPTER****MULTIVARIATE ANALYSIS OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF A SYSTEM  
UNDER ROTATIONAL ultisol (SUNFLOWER / CORN) SUBMITTED TO  
DIFFERENT LEVELS OF SALINITY AND NITROGEN**

---

**ABSTRACT**

Concern about the quality of the soil had been remarkable in the agricultural context. Thus, it has attempted to evaluate different soil management to optimize production of various crops. This study aimed to evaluate chemical properties of the soil under the crop rotation (sunflower / corn) for 24 months interplanting crops system, cultivating sunflower and corn in the dry period during the rainy season. A multivariate analysis was used to evaluate the behavior of soil chemical variables in the management of rotational with different salinity levels (0.8, 2.2, 3.6, 5.0 and 6.4 dS m<sup>-1</sup>) system, nitrogen doses (0, 50, 100 and 150% of recommended dose of N) at two depths (0 - 0.30 and from 0.30 to 0.60 m). The soil chemical properties have changed as to the management systems, as had their maximum values CEes and PST in the dry season mainly in the surface layer. In the multivariate analysis it was observed that the crop rotation, irrigating with saline water in the dry season and using precipitation to leach the salts in the rainy season, appeared as a strategy to mitigate the effects of salinity along with the use of nitrogen in soils of semiarid regions. Although we found that Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> showed high values regardless of the evaluation period. It was concluded that the soil can have good growing conditions even in saline environments using crop rotation and leaching of salts in the rainy season by precipitation.

**Keywords:** chemical factors of the soil; salinity, nitrogen; Soil management; Fertility.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos como consequência do crescimento populacional tem promovido cada vez mais a substituição de áreas florestais por pastagens e/ou cultivos agrícolas. Geralmente, as práticas de manejo do solo adotadas nessas áreas, não condizem com a manutenção da sustentabilidade desse recurso tão importante para o equilíbrio do ecossistema.

Os solos agricultáveis das regiões tropicais, por estarem expostos a condições climáticas intensas, necessitam de proteção contínua. Nas regiões semiáridas, que são caracterizadas por altas temperaturas, reduzida pluviosidade, solos pouco intemperizados e pequena produção de fitomassa, a situação é ainda mais delicada. Somadas a essas condições edafoclimáticas, observa-se no semiárido brasileiro a adoção de sistemas agrícolas totalmente extrativistas e que, por estar inserido nessa condição, configura-se em um ambiente extremamente frágil, tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico. (SÁNCHEZ, 2001; MAIA et al. 2006).

O cultivo intenso, ou seja, um sistema convencional de produção com revolvimento do solo tem contribuído para o processo de degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (CALEGARI et al., 2006). Esta situação está em desacordo com a preocupação dos pesquisadores da ciência do solo nas últimas décadas, que buscam manter qualidade do solo como garantia da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, frente ao aumento da ação antrópica sobre este recurso.

Contribuindo para essa problemática, tem-se a gênese de solos salinos (halomórficos) associado grandemente com a formação geológica predominante na paisagem, e com a drenagem. O homem, como eterno modificador de ambientes, contribui decisivamente para acelerar ou diminuir o processo. A salinidade do solo é um dos fatores de maior preocupação na agricultura moderna, e o manejo inadequado da irrigação é um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Assim, tanto o tipo de manejo do solo como a salinização do mesmo, são fatores que interferem no desempenho das culturas, causando um desequilíbrio nutricional no solo, pois a nutrição das plantas tem posição de destaque tanto pela importância como fator de produção quanto por ser um dos fatores de maior impacto no custo de produção. Contudo, o nitrogênio é um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais significativos no aumento da produção de grãos em diversas culturas, principalmente no

milho. Em geral, de 70 a 90 % dos experimentos de adubação com milho, realizados a campo no Brasil, respondem à aplicação. É ainda o nutriente mais aplicado em quantidade e com a preocupação de aplicá-lo tanto no plantio como em cobertura, sendo que, muitas vezes, são feitas duas aplicações em cobertura, elevando o custo de produção pela maior movimentação de tratores no cultivo (CRUZ et al. 2009).

Embora os estudos que envolvem os atributos do solo tenham aumentado muito nas últimas décadas, dado o crescente interesse na compreensão dos processos que ocorrem nos agroecossistemas e no efeito dos diferentes manejos sobre os solos, é evidente ainda a existência de problemas nas análises estatísticas de dados referentes às respostas dos atributos do solo (MARIANI et al., 2006). Frente a isso, as técnicas de análise multivariada surgem toda vez que o pesquisador dispõe de vários atributos a serem analisados e necessita estudar simultaneamente suas relações, que através de uma abordagem mais holística permite tirar conclusões amplas a respeito de um determinado sistema de manejo.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a dinâmica da qualidade química do solo submetido a rotação de cultura (girassol/milho) quando irrigado com diferentes águas salinas (período seco) e irrigação suplementar com água de boa qualidade (período chuvoso) e adubadas com diferentes doses nitrogenadas, tendo como ferramenta técnicas estatísticas de análise multivariada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As seções abaixo listadas encontram-se descritas nas respectivas páginas do Capítulo 1.

<b>SEÇÕES</b>	<b>Página</b>
<b>2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental .....</b>	55
<b>2.2 Material vegetal .....</b>	57
<b>2.3 Descrição dos experimentos.....</b>	57
<b>2.4 Instalação e condução da cultura .....</b>	58
<b>2.5 Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários .....</b>	62
<b>2.6 Colheita e beneficiamento</b>	62
 <b>2.7 Variáveis avaliadas</b>	

As análises de solo foram realizadas antes e após cada cultivo, nas profundidades de 0 - 0,30 e 0,30 - 0,60 m, respectivamente. Foram realizadas quatro coletas de solo, duas no período seco e duas no período chuvoso, utilizando três repetições por tratamento. As coletas foram sempre realizadas na linha das plantas. Após cada amostragem, o solo era acondicionado em sacos plásticos e encaminhados ao Laboratório de Análise de Solos e Plantas do Departamento de Ciências do Solo/UFC para realização das análises seguintes como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Variáveis químicas analisadas no solo, em cada unidade experimental e métodos utilizados.

Variáveis químicas	Descrição e método de análise
pH do extrato de pasta saturada - pHes	pH do extrato de saturação – medido no extrato da pasta de saturação preparada de acordo com método descrito por RICHARDS (1954).
Condutividade elétrica - CEes (dS m <sup>-1</sup> )	Condutividade elétrica do extrato de saturação – medida no extrato da pasta de saturação preparada segundo método descrito por RICHARDS (1954)
Ca trocável – Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Cálcio - por meio da extração com KCl 1N e determinação titulação (EMBRAPA, 1997).
Mg trocável – Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Magnésio - Por meio da extração com KCl 1N e determinação titulação - (EMBRAPA, 1997).
K trocável – K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Potássio - foi por meio da extração com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação por espectrofotometria de chama - (EMBRAPA, 1997).
Na trocável – Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Sódio - Por meio da extração com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação com espectrofotometria de chama - (EMBRAPA, 1997).
P disponível – Pdisp (mg kg <sup>-1</sup> )	Fósforo disponível – extraído com Mehlich-1 e determinado por colorimetria em presença do ácido ascórbico como catalisador (EMBRAPA, 1997).
Porcentagem de sódio trocável - PST (%)	Porcentagem de sódio trocável – obtida pela fórmula: $PST = (Na+) * 100/CTC.$
H+Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez potencial - pode ser estimada pelo uso do pH SMP,o qual apresenta boa correlação com o teor de H + Al extraído com acetato de cálcio - (EMBRAPA, 1997).
Soma de bases trocáveis - S (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Soma dos cátions trocáveis – valor obtido segundo a fórmula: $S = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+).$
Capacidade de troca de cátions -T cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	A capacidade de troca de cátions foi calculada com base na equação - (EMBRAPA, 1997). $T (cmolc\ kg^{-1}) = S + (H + Al^{+3})$
Saturação por bases –V %	Soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions: $V\% = (100*S)/T$
Saturação por Alumínio - m %	A saturação por alumínio - foi calculada com base na equação - (EMBRAPA, 1997). $m\% = [mmolc (Al)\ dm^{-3} \times 100] / [cmol_c (CTC\ efetiva)\ dm^{-3}].$

Carbono Orgânico - C.O g kg <sup>-1</sup>	Carbono orgânico - oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> em meio sulfúrico com aquecimento externo, e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal - (EMBRAPA, 1997)
Matéria Orgânica - M.O g kg <sup>-1</sup>	Matéria Orgânica - multiplicando-se o resultado de carbono orgânico por 1, 724 de acordo com equação.  Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> ) = C (g / kg) x 1, 724

## 2.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva clássica. Este procedimento foi aplicado para verificar a existência de valores periféricos (“outliers”) que comprometessem o comportamento médio dos parâmetros avaliados.

Para uma melhor interpretação dos dados utilizou-se a estatística multivariada, que contribuiu para o entendimento das interações entre variáveis submetidas ao efeito salino e nitrogenado, além, da influência de cada variável sobre a qualidade do solo. Na análise dos componentes principais, foram utilizadas 15 variáveis: pH<sub>es</sub>, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) trocáveis, fósforo (P), acidez potencial (H+Al), percentagem de sódio trocável (PST), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), carbono orgânico (C.O) e matéria orgânica (M.O). Os atributos selecionados foram correlacionados de modo a excluir as variáveis menos representativas e, ficando as que mais se correlacionam com os fatores de estudo.

A análise de agrupamento foi realizada calculando-se a distância euclidiana entre os acessos na identificação dos agrupamentos para um conjunto de 15 variáveis. Para a análise de agrupamento das variáveis utilizou-se o método de Ward, com a medida euclidiana para a distância entre os casos nos grupos. O resultado da análise foi apresentado na forma gráfica (dendrograma).

As análises estatísticas dos dados foram realizadas com o auxílio do software STATISTICA 5.0 (STATSOFT, 1995).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise multivariada dos atributos químicos do solo para a estação seca**

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica matemática de análise multivariada, que permite identificar em um conjunto numeroso de dados as medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados sem perdas significativas de suas informações. Essa técnica transforma um conjunto original de variáveis em outro conjunto, os componentes principais, de dimensões equivalentes. Para Vicini (2005), essa transformação se dá com a menor perda possível de informação, como também elimina algumas variáveis originais que possuam pouca informação. Já a análise de agrupamentos faz uso de várias técnicas e algoritmos, e tem como finalidade reunir objetos verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos.

Assim, a (ACP) foi realizada na matriz de dados constituída por 15 variáveis. Conforme ainda o autor acima, a escolha do número de fatores pode levar em conta diferentes critérios, sendo um destes a seleção de autovalores superiores a 1, ou seja, transformar uma matriz qualquer numa matriz simples. Deste modo, foram selecionados apenas componentes por atenderem ao critério estabelecido. Estes dois componentes explicam juntos, 77,69% da variância dos dados, sendo 47,03 e 30,66% da variância explicada pelos componentes 1 e 2, respectivamente (Tabela 2) . Isto indica que as 15 variáveis estudadas podem ser substituídas por estes dois componentes, com perda mínima de informação.

**Tabela 2** - Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente.

Número de componentes	Autovalores			
	Extração dos componentes principais			
	Autovalores	% da variação explicada	Autovalores acumulados	% da variação explicada acumulada
<b>1</b>	<b>7,05</b>	<b>47,03</b>	<b>7,05</b>	<b>47,02</b>
<b>2</b>	<b>4,60</b>	<b>30,66</b>	<b>11,65</b>	<b>77,69</b>
<b>3</b>	1,43	9,59	13,09	87,28
<b>4</b>	1,00	6,71	14,10	94,00
<b>5</b>	0,46	3,07	14,56	97,08
<b>6</b>	0,17	1,13	14,73	98,22
<b>7</b>	0,11	0,78	14,85	99,01
<b>8</b>	0,08	0,57	14,93	99,58
<b>9</b>	0,04	0,30	14,98	99,89
<b>10</b>	0,01	0,10	14,99	99,99
<b>11</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>12</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>13</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>14</b>	0,00	0,00	15,00	100,00

A importância de uma variável é analisada pela sua correlação com as CPs selecionadas. Essa avaliação é feita através dos loadings (pesos) das variáveis calculados pela ACP, de forma que, quanto maior o valor modular do loading da variável analisada, maior a correlação com a componente principal (CP) a ela associada. Deste modo, é possível identificar quais variáveis estão correlacionadas com cada CP e qual a importância de cada variável para os objetivos da pesquisa. As variáveis que apresentam baixa correlação com as CPs selecionadas são consideradas menos discriminantes na distinção dos tratamentos (MINGOTI, 2005).

De acordo com a Tabela 3, as variáveis que melhor explicam o fator 1 ou componente principal 1 (CP1), foram M.O (-0,94); Mg (-0,91); m (-0,85); C.O (-0,85), V (-0,84); K (-0,81) e Ca (-0,76), sendo estes considerados os atributos mais relevantes (carga > 0,70), sendo que estes, nesse caso, mostraram antagonismos verificada pela correlação negativa apresentada. Na CP2 que explica 30,66% da variância dos dados, pode-se ver Na (0,96); H+Al (0,92) e PST (0,89) são atributos mais importantes (carga > 0,70), apresentando correlação positiva, e inversa as variáveis que melhor explicam a CP1.

**Tabela 3** - Correlação dos atributos químicos com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os parâmetros analisados.

Variável	CP1	CP2
Ca	<b>-0,76</b>	-0,34
Mg	<b>-0,91</b>	0,28
Na	-0,15	<b>0,96</b>
K	<b>-0,81</b>	0,40
H+Al	0,24	<b>0,92</b>
S	-0,78	0,02
T	0,59	0,38
V	<b>-0,84</b>	0,15
M	<b>-0,85</b>	0,08
C.O	<b>-0,85</b>	-0,41
M.O	<b>-0,94</b>	-0,21
P	-0,61	-0,75
pH	-0,57	0,66
Cees	-0,26	0,48
PST	-0,29	<b>0,89</b>

pH<sub>H2O</sub>- em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O-Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo; K<sup>+</sup> - Potássio; Na<sup>+</sup> - Sódio; Ca<sup>2+</sup>- Cálcio; Mg<sup>2+</sup>- Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável

Estas variações de alta correlação com teores de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K, na CP1, podem estar atreladas aos minerais cuja constituição apresenta alta concentração desses elementos no material de origem (basalto) onde formaram os solos da região onde o trabalho foi desenvolvido. Outro aspecto pode ser o histórico das áreas, onde predomina aplicações em linha (taxa fixa) de fórmulas de fertilizantes.

Esses resultados corroboraram com os de Shiratsuchi et al. (2007), que observaram que as zonas da área com melhores/maiores relações Ca+Mg:K apresentaram as maiores produtividades de milho. No estudo em questão pode-se ver que pelas correlações inversas de Ca, Mg, K, M.O e C.O com o PST e H+Al, contribui para uma alta relação entre Ca+Mg: K, sendo que os cátions se deslocam em função da sua maior ou menor valência.

Quanto a amplitude dos teores no solo, destaca-se o comportamento do P, que obteve correlação nas CP1 e CP2 acima de 0,6, indicando que há grande variação desse

elemento no solo. Esta grande amplitude apresentada pelo P pode ser decorrente de fatores naturais, como sua baixa concentração natural nos Latossolos e Argissolos e, conseqüente alto poder tampão que, aliados à sua dinâmica de baixa mobilidade, podem resultar em alta variabilidade (SCHLINDWEIN, 2003). Além disso, a ocorrência de grandes amplitudes nos teores de P pode ser atribuída ao manejo antrópico, onde a aplicação de fertilizantes localizada na linha a taxa fixa podem contribuir para a manutenção ou/e agravamento da micro e macrovariabilidade espacial na área.

O pH foi o atributo que apresentou pouca variação ou correlação. Este resultado também foi encontrado por vários autores trabalhando com solo (CORA et al. 2004; SANTI, 2007; DURIGON, 2007; GOMES, et al. 2008; SILVA et al. 2008; AMADO et al. 2009). No entanto, COELHO (2003) alerta que o pH é medido em escala logarítmica e, CAMBARDELLA et al. (1994), afirmam de atributos que apresentam forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo, notadamente a textura e a mineralogia, enquanto os que apresentam fraca dependência são mais influenciados por fatores externos, como aplicações de fertilizantes e sistemas de preparo e cultura, ou seja, estão relacionados com o manejo do solo.

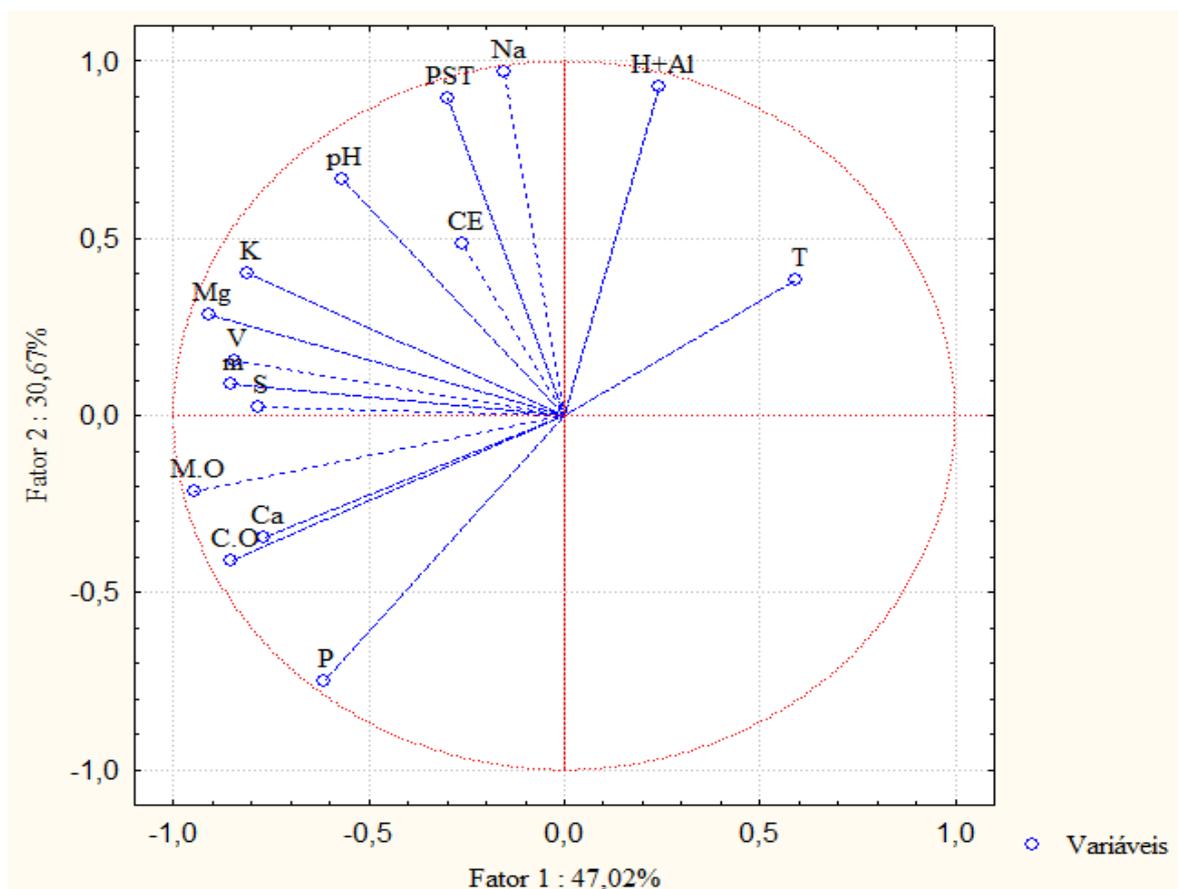
O segundo componente principal, representou 30,66% das variações dos dados. Este segundo grupo, é fortemente correlacionado com a dinâmica  $\text{Na}^+$ , PST e H+Al. Mesmo que a acidez do solo tenha apresentado pouca contribuição relativa na variação dos atributos do solo, cabe ressaltar a importância da correção da acidez do solo para promover melhorias no equilíbrio nutricional do solo.

A representação gráfica das variáveis e componentes principais permitiu caracterizar a influência na discriminação dos atributos do solo estudado. As variáveis situadas em um mesmo quadrante e mais próximas entre si apresentam aproximadamente a mesma representatividade no gráfico, exercendo maior influência naquele mesmo quadrante. Da mesma forma, o ângulo de inclinação da linha em relação a cada eixo do círculo indica o quanto esta variável é correlacionada com a componente principalmente, todas as variáveis estão próximas ao círculo unitário indicam boa contribuição às respectivas fatores.

Baseado nas variáveis analisadas, para cada componente principal (CP) gerado, a ACP calcula os valores (scores) dos tratamentos, com os quais é possível mostrar a localização gráfica de cada uma delas. Com as propriedades químicas estudadas, a seleção de dois fatores permitiu a representação bidimensional dos usos do solo em

função dos tratamentos aplicados (Figura 1).

**Figura 1** - Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, nas camadas de solo (0– 0,30 e 0,30 – 0,60 m).  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O- Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $\text{K}^+$  - Potássio;  $\text{Na}^+$  - Sódio;  $\text{Ca}^{2+}$  - Cálcio;  $\text{Mg}^{2+}$  - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável



Com relação ao fator 1(matéria orgânica), que explica 47,02% da variabilidade dos dados, as variáveis com valores de loadings negativo indicam forte influência sobre os pontos que se localizam a esquerda do gráfico de dispersão das variáveis (P, C.O, Ca, Mg e M.O). Pode-se ver que nenhuma variável teve correlação positiva para esse fator. Da mesma forma, as variáveis que mantêm correlações positivas com o fator 2 ( $\text{Na}^+$ ) (30,66%) influenciam os pontos da região mais acima do gráfico como (PST, H+Al e

Na), enquanto que aquelas com correlações negativas influenciam os pontos localizados mais abaixo do gráfico.

Em geral, podemos ver que as variáveis que mais se correlacionaram em ambos os fatores, estão ligadas a CEes da água de irrigação, que contribui para aumento dos valores de Na da PST e conseqüente variação dos cátions trocáveis. Assim, o C.O e M.O agem inversamente procurando balancear o complexo sortivo do solo. Por outro lado, mesmo com a alta correlação da PST, resultou em altos valores, mais de 15%, que é o limite para a classificação de solos sódico de acordo com Richards (1954). Observa-se que os altos valores de PST em locais de amostragem pode ter contribuído para os baixos valores de condutividade hidráulica nos tratamentos com maiores níveis salinos.

Estes resultados indicam que os solos da área experimental nos tratamentos onde utilizaram água com maiores CE tem elevados níveis de  $\text{Na}^+$ , em que os dados deste estudo indicam que estes solos não são só susceptíveis a processos de degradação por sais, mas também de sódio, uma vez que este elemento em níveis elevados em efeitos físicos do solo traz solos indesejáveis sob cultivo agrícola. Estes dados se assemelham aos relatados por Oliveira et al. (2009), que avaliou doze perfis de solo na região semiárida de Pernambuco e Paraíba, onde também encontraram grandes quantidades de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e PST atribuiu isso as grandes quantidades de minerais primários presentes na areia e frações silte Planossolos e Luvisolos, principalmente de plagioclásio e micas.).

Fernandes (2007) avaliou os mesmos parâmetros de salinidade em solos de um perímetro de irrigação do município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, em três camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm), entre junho de 2006 a março de 2007, utilizando-se quatro amostras de solo distribuídos no tempo em cada local de perímetro. Na camada de superfície (0-20 cm), o solo tinha um pH médio variando 7,9-8,5, mas o valor máximo foi de 9,6 e mínimo de 6,5. Na mesma camada, a média CEes variou 2,25-3,13  $\text{dS m}^{-1}$ , com valor máximo foi de 44,70  $\text{dS m}^{-1}$  e valor mínimo foi de 0,16  $\text{dS m}^{-1}$ . Isso demonstra a grande variabilidade de solos afetados por sais, e o autor ainda tem valores diferentes em camadas mais profundas dos solos avaliados. No nosso estudo esses valores não variaram tanto, talvez seja explicado pelo pequeno incremento de C.O e M.O, e seu processo de intemperismo dos restos vegetais incorporados antes da pesquisa.

Alguns pesquisadores explicam que o acúmulo de MOS é um dos fatores determinantes da duração da fase crítica da rotação de cultura. A utilização da rotação

de culturas, ao aumentar a quantidade de material orgânico produzido, acelera o acúmulo de MOS e, assim, a melhoria na qualidade do solo. De acordo com Franchini et al. (2008), a duração da fase crítica do SPD foi de três anos para a sucessão trigo/soja, enquanto que, para a rotação de culturas, a fase crítica se restringiu ao primeiro ano.

Para esse entendimento sobre a importância no aumento da M.O, retifica-se que diversificação de cultivares em função do ciclo, associada ao escalonamento da época de semeadura, são práticas importantes para a redução de riscos climáticos, particularmente em anos de La Niña. Sob condições de La Niña, aumenta a probabilidade de ocorrência de períodos de longa duração sem chuvas durante as fases críticas da soja (florescimento e enchimento de grãos), segundo Franchini et al. (2008).

Com base nos resultados encontrados pela ACP, foi realizada a análise de agrupamento (AA). Como a AA é sensível a correlações fracas (HÖFT et al. 1999), optou-se pela eliminação daqueles atributos menos explicativos das variações encontradas, visando gerar uma imagem menos distorcida do dendograma.

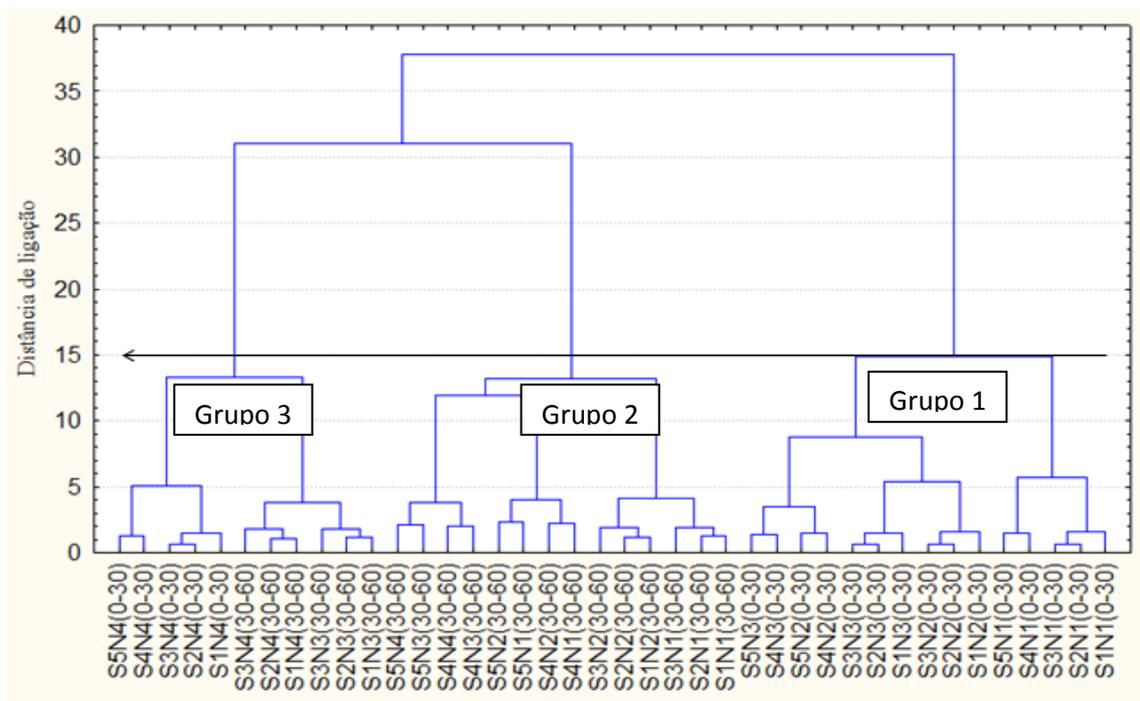
A linha de corte do dendograma foi definida com base no critério citado anteriormente, pela maior distância entre os grupos (primeiro maior pulo), sendo definida a formação de três grupos. Nele, observa-se que os resultados obtidos com a AA estão de acordo com aqueles encontrados pela ACP.

Por meio do dendograma, verifica-se a formação de três grupos (Figura 2). Grupo 1, composto apenas pela camada superficial, profundidade (0 a 0,30m, com menores níveis salinos e doses nitrogenadas, grupo 2, formado pela camada subsuperficial (0,30 a 0,60m) e o grupo 3, uma mesclagem de tratamentos com menor salinidade e maior dosagem de N na camada subsuperficial e tratamentos com maior salinidade e também com doses máximas de N, na camada superficial.

Fica evidente a distinção entre as camadas superficiais e subsuperficiais de todos os tratamentos como também a similaridade dos tratamentos em suas camadas nos sistemas de cultivo (presença ou não de salinidade e nitrogênio), corroborando os resultados mostrados no círculo unitário.

Outro ponto que merece destaque é a similaridade entre as camadas superficial (0 a 0,30m) e subsuperficial (0,30 a 0,60) entre os tratamentos, vimos que a CEEs apresentou baixa importância na variância dos dados. Da mesma forma ocorrem nas mesmas camadas do sistema em sulco, o que parece estar relacionado à semelhança das classes texturais destas camadas.

**Figura 2** - Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos tratamentos salinos e nitrogenados a partir dos atributos químicos de um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com girassol. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>) e, N1, N2, N3 e N4 (0,0; 25; 50 e 75 kg N por ha<sup>-1</sup>), nas camadas de solo (0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m)



Como PST foi a variável que melhor se correlacionou com a salinidade, esta foi mais influente nos valores maiores no Grupo 2 e 3; estes grupos indicam os maiores valores de PST em relação ao grupo 1. Os resultados aqui sugerem que os solos onde os teores de matéria orgânica são baixos, PST pode ser a variável mais importante na salinidade do solo devido à dispersão do material coloidal. Neste estudo, as amostras dos grupos 2 e 3 apresentaram os menores níveis de carbono orgânico em comparação com o grupo 1, tal como determinado por análise química.

O estudo foi desenvolvido a partir de locais de amostragem em diferentes níveis de salinidade e sodicidade. A análise de agrupamento mostrou-se uma ferramenta eficiente para a identificação de maior similaridade dentro de cada grupo e entre as disparidades entre os grupos. Este trabalho é importante na determinação dos recursos disponíveis para minimizar a degradação do solo e água em áreas agrícolas e melhorar o manejo do solo, em última instância práticas. Resultados semelhantes por Pessoa (2012), estudando solo do Perímetro irrigado de Moxotó, PE, relata que as espécies de cloreto e sulfato de cálcio, magnésio, sódio e potássio contribuiu significativamente para o conteúdo total em solos de todas os tratamentos.

A CE apresentou maior correlação com o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  no extrato de saturação. Isto demonstra que o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  solúveis são mais relacionados com os processos de degradação por sal, uma vez que os aumentos dos níveis de estes elementos tendem a reduzir a degradação dos solos pela sodificação.

Zheng et al. (2009) conduziram um estudo para caracterizar a variabilidade espaço-temporal da salinidade do solo irrigado e cultivado com algodão, e determinar os principais fatores que influenciam a variabilidade espaço-temporal da salinidade do solo. Entre esses fatores, os autores citam: o clima, as práticas agrícolas, o nível de matéria orgânica (MOS), sistema de irrigação utilizado e insumos de fertilizantes químicos, contribuindo para a diferença na distribuição espacial do solo, afetando a produtividade do algodão.

### **3.2 Análise multivariada dos atributos químicos do solo para a estação chuvosa**

Na análise de componentes principais, a variância contida em cada componente principal gerado é expressa pelos autovalores da matriz padronizada, de tal forma que o maior autovalor está associado ao primeiro componente principal (CP), o segundo maior autovalor ao segundo CP, e assim por diante, até que o menor autovalor esteja associado ao último CP, colocando os primeiros como os mais importantes. Sendo assim, os primeiros componentes principais gerados pela CP explicam a maior parte da variância dos dados originais. Conforme critérios de seleção das componentes, citados anteriormente, esta pesquisa adotou a retenção dos componentes que explicaram mais de 70% da variância.

Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas são apresentadas na Tabela 4. Nesta Tabela pode-se verificar que o primeiro e o segundo componente principal explicam 66,56% e 24,59% da variação dos dados, respectivamente, totalizando, juntos, 91,1% da variação encontrada. Isto indica que as 15 variáveis estudadas podem ser substituídas por estes dois componentes, com perda mínima de informação.

**Tabela 4** - Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente.

Número de componentes	Autovalores			
	Extração dos componentes principais			
	Autovalores	% da variação explicada	Autovalores acumulados	% da variação explicada acumulada
<b>1</b>	<b>9,98</b>	<b>66,56</b>	<b>9,98</b>	<b>66,56</b>
<b>2</b>	<b>3,68</b>	<b>24,59</b>	<b>13,67</b>	<b>91,15</b>
<b>3</b>	0,79	5,28	14,46	96,43
<b>4</b>	0,18	1,24	14,65	97,68
<b>5</b>	0,13	0,92	14,79	98,60
<b>6</b>	0,10	0,70	14,89	99,31
<b>7</b>	0,05	0,36	14,95	99,67
<b>8</b>	0,02	0,18	14,97	99,86
<b>9</b>	0,01	0,09	14,99	99,95
<b>10</b>	0,00	0,04	14,99	99,99
<b>11</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>12</b>	0,00	0,00	15,00	100,00
<b>13</b>	0,00	0,00	15,00	100,00

A Tabela 5, mostra que a CP1 está mais associada positivamente aos grupos das variáveis químicas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , H+Al, S, V, m, C.O, M.O e P), e negativamente a  $\text{Na}^+$ , sendo estas consideradas atributos mais relevante (carga >0,70), onde todas elas explicam 66,56% da variância dos dados. Na CP2 que explica 24,59% da variação de todas as variáveis, está associado negativamente a T, PST e CEes.

**Tabela 5** - Correlação dos atributos químicos com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os parâmetros analisados.

Variável	CP1	CP2
Ca	<b>0,95</b>	-0,08
Mg	<b>0,90</b>	-0,32
Na	<b>-0,79</b>	-0,59
K	<b>0,87</b>	-0,40
H+Al	<b>0,76</b>	-0,56
S	<b>0,95</b>	-0,19
T	-0,11	<b>-0,96</b>
V	0,98	0,09
m	<b>0,90</b>	-0,28
C.O	<b>0,91</b>	-0,31
M.O	<b>0,95</b>	-0,14
P	<b>0,92</b>	0,34
pH	0,66	0,32
CEes	-0,46	<b>-0,86</b>
PST	-0,54	<b>-0,76</b>

O fato para a alta correlação positiva dos cátions, m, M.O e C.O, com exceção do Na que foi negativa sua correlação na CP1, no período chuvoso, podendo estar relacionado pela lixiviação desses para a camada subsuperficial, além, do aumento da atividade microbiana, por o sistema apresentar condições mais favoráveis á ação dos microorganismos. Na CP2, temos as variáveis que agem inversamente com a variabilidade dos cátions e da M.O como a T por meio de Na, a CE e a PST.

A resposta positiva dos micro-organismos em sistema de rotação de culturas está associada ao baixo grau de revolvimento, a maior cobertura do solo, à diminuição da taxa de mineralização dos compostos orgânicos e aumento no teor de MOS, à melhoria das condições físicas e químicas do solo, ao aumento do conteúdo de água do solo e à redução na ocorrência de temperaturas extremas.

Assim, em solos com elevada diversidade microbiana, se determinada condição biótica ou abiótica prejudicar determinado micro-organismo, é provável que a função exercida pelo mesmo seja desempenhada por outro. Isso é fundamental para a manutenção de funções como a ciclagem de nutrientes, a agregação do solo e o controle de patógenos, mesmo sob condições desfavoráveis. Além disso, é importante considerar que a probabilidade de que haja algum organismo antagônico ao agente causal de

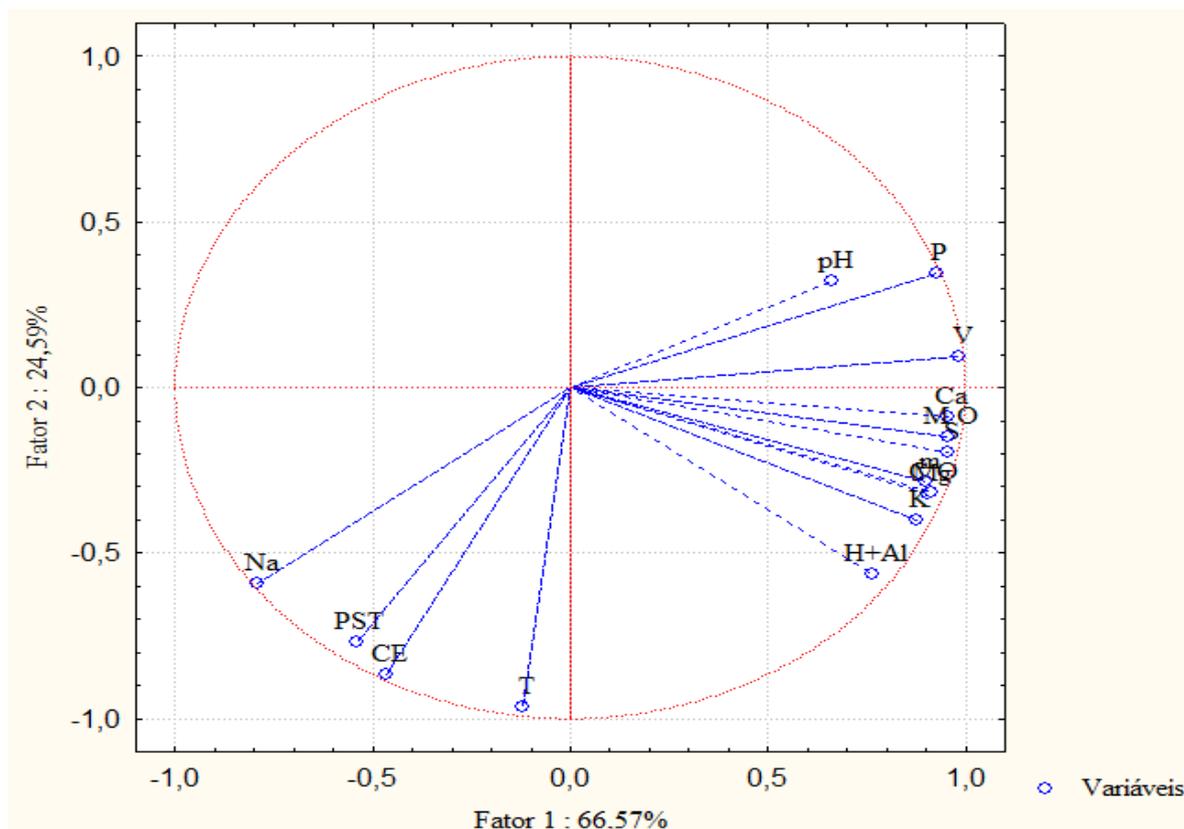
determinada doença é maior em ambientes com alta diversidade biológica (ALMEIDA; SEIXAS, 2010).

Ainda os mesmo autores afirmam que, os efeitos positivos da rotação de culturas sobre a produtividade da soja (aumento de 17%) podem ser atribuídos à recuperação da qualidade do solo devido a maior produção de fitomassa da parte aérea e raízes pelas culturas da aveia e do milho, cultivados anteriormente, e ao fornecimento adicional de N ao sistema pela leguminosa antecedendo ao milho.

Na figura 3 verificou-se a correlação das cargas fatoriais dos atributos químicos e os valores (scores) dos horizontes pedogenéticos dos diferentes tratamentos sendo que maior distância destes em relação ao eixo de origem indicam maior expressão.

As variáveis que estão no terceiro e quarto quadrante, e quanto mais próxima do eixo (V, Ca, M.O, C.O e m) apresentaram alta correlação positiva com o Fator 1, enquanto que a variável do primeiro quadrante (Na) se correlacionou negativamente com esse fator. No fator 2, as variáveis (T, PST e CEes) se associaram negativamente e, nenhuma variável obteve correlação positiva com o fator 2.

**Figura 3** - Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, nas camadas de solo (0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m).  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ - em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O- Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $\text{K}^+$  - Potássio;  $\text{Na}^+$  - Sódio;  $\text{Ca}^{2+}$ - Cálcio;  $\text{Mg}^{2+}$ - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável



Acosta et al. (2011) avaliaram a salinidade de uma área agrícola altamente produtiva, em clima semiárido, em Murcia, Espanha, apresentou resultados semelhantes a este estudo, onde correlações mais fortes entre a concentração de Cl e  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ , sugerindo a sua presença na forma de NaCl,  $\text{MgCl}_2$  e  $\text{CaCl}_2$ , de acordo com os dados encontrados nesta pesquisa, as espécies de cloro e as espécies de sulfato dominou a solução do solo. Apesar de não avaliarmos o sulfato e Cl, acreditamos que estes estejam presentes também em grande quantidade no solo, pois as águas salinas aplicadas no cultivo que antecede ao milho apresenta Cl.

Ainda os mesmo autores, relatam que a correlação de Pearson entre os parâmetros de salinidade (PST, pH e CE) e os íons no extrato de saturação, a PST tinha baixa correlações com  $\text{Na}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  no extrato de saturação, no entanto, as altas

correlações com o  $\text{Na}^+$  trocável, devido ao seu valor a ser diretamente relacionado com o conteúdo deste elemento no complexo de troca.

Neste estudo, as variáveis salinas e sódicas ( $\text{Na}^+$ , PST e CEes) apresentaram altos coeficientes de correlação negativa, indicando influência mínima sobre o comportamento dos sais no solo. Alguns estudos na literatura (RAO et al, 1995;. METTERNICHT; ZINCK, 2003) afirmam que a CEes tem uma boa correlação com os cátions, isso está relacionado provavelmente a lixiviação dos sais no período chuvoso, reduzindo os efeitos dos mesmos no solo, além do aumento da umidade.

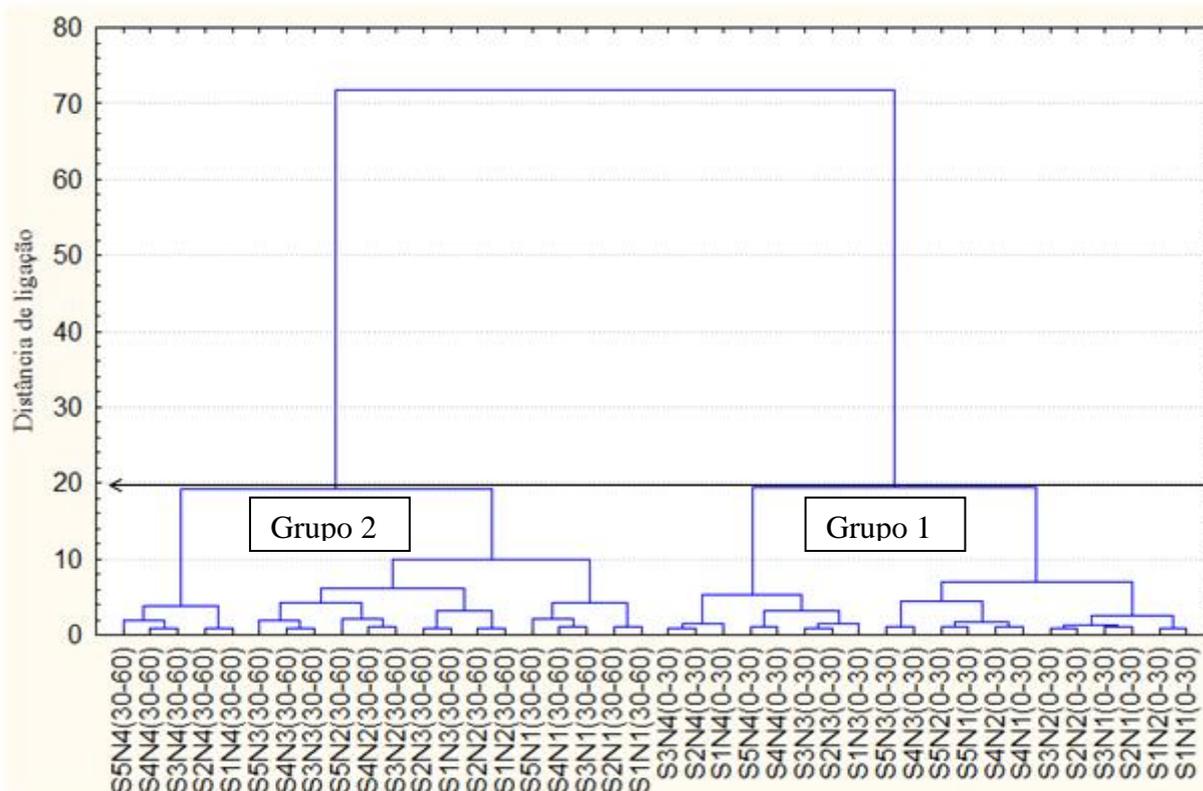
A Análise de Agrupamento (Figura 4) realizada com os atributos químicos mais significantes (carga > 0,70) permitiu separar todos os tratamentos e camadas de solo em função de seus manejos a partir da linha de corte estabelecida a 20% da medida de dissimilaridade. De acordo com o observado, verifica-se no dendograma a formação de dois grupos, na profundidade de 0 a 0,30m (grupo 1) e outro de 0,30 a 0,60 m (grupo 2). Destaca-se ainda que todos os tratamentos apresentam similaridade dentro de cada camada de solo estudada, onde as unidades experimentais de manejo não diferenciaram entre si com base na resposta conjunta dos atributos químicos, mas sim, diferenças entre os horizontes pedogenéticos avaliados. Estes resultados demonstram semelhanças mais internas (dentro dos grupos) do que externa (entre grupos). Estes resultados indicaram a aplicação de análise de cluster para a separação de grupos de solos com diferentes níveis de salinidade e sodicidade.

Os níveis de salinidade e distribuição espacial também são importantes a considerar ao escolher tipos de culturas. Os limites de tolerância a salinidade são diferentes entre as culturas. Por exemplo, o milho CE é de  $1,70 \text{ dS m}^{-1}$ , e os estudos geralmente declarou que os valores da CE entre  $0,33$  e  $0,40 \text{ dS m}^{-1}$  está abaixo do limite da cultura do milho, indicado que a CEes não é fator limitante ao crescimento da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por (BELTRAN, 1999;. MURTAZA et al, 2006; LI et al. , 2007). Portanto, como os teores de CEes se mantiveram abaixo do limite para a cultura do milho, mostra que o aumento da matéria orgânica, carbono orgânico e a lixiviação dos sais, foram importantes, reduzindo o nível de salinidade e podendo o solo proporcionar altos retornos econômicos.

Resultados semelhantes foram constatados por VIERA (2006); ASSIS JÚNIOR et al. (2007); NEVES (2008), nas mesmas condições de solo e clima. Os valores de condutividade elétrica medidos após o cultivo com o feijão-de-corda (período chuvoso) decresceram em todos os tratamentos, em consequência das chuvas ocorridas de janeiro

a abril de 2008. O efeito de lavagem do solo em decorrência da estação chuvosa foi similar ao observado em outros estudos (MURTAZA et al. 2006; VIERA, 2006; ASSIS JÚNIOR et al. 2007; NEVES, 2008).

**Figura 4** - Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos efeitos residuais dos sais e de doses nitrogenadas a partir dos atributos químicos de um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com milho. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>) e, N1, N2, N3 e N4 (0,0; 108,5; 217 e 324,5 kg N por ha<sup>-1</sup>), nas camadas de solo (0 – 0,30 e 0,30 – 0,60m)



Andrade et al. (2011), realizou um estudo da análise de cluster com solos do semiárido especificamente no perímetro irrigado. Estes autores avaliaram a aplicação da análise multivariada e análise de cluster para identificar semelhanças nas concentrações de sais em áreas irrigadas no Estado do Ceará. Eles observaram que a análise de agrupamento revelou-se adequada para definir as semelhanças entre os atributos estudados, identificando as áreas com maiores ou menores riscos de salinidade. O que também foi constatado no presente estudo.

Assim, a separação de classes de salinidade do solo por meio de agrupamento é pertinente devido à definição dessas classes e pode definir as estratégias de gestão mais adequada de acordo com o status de cada sal no solo e o agrupamento formado. No

entanto, outros estudos divergem sobre isso em relação aos níveis de sais encontrados como estudos reportados (SHRESTA, 2006; ELNAGGAR ; NOLLER, 2010).

Os valores médios da capacidade de troca de cátions (CTC) foram elevados no solo em todos os tratamentos, mesmo com valores medianos de carbono orgânico encontrado nesse solo, este fato também deve ser associado com o tipo predominante de argila nesses solos. De acordo com Darwish et al. (2005), um aumento no teor de matéria orgânica melhora a capacidade tampão do solo contra variações bruscas de salinidade.

Destaca-se que, embora na estação chuvosa do ano 2012 e 2013 o total precipitado mais a irrigação suplementar (1252 e 899 mm) tenha sido de 13,5 e 37,9% abaixo da média do município de Fortaleza, podemos inferir que as mesmas foram suficiente para efetuar a lixiviação dos sais adicionados pelo manejo da irrigação ou seja, os sais residuais. Constatação do efeito acumulativo de sais em áreas irrigadas de regiões semiáridas vem sendo apresentadas por pesquisas desenvolvidas em diferentes partes do globo (ARAGUÉS; TANJI, 2003; CAUSAPÉ et al. 2004; CHAVES et al. 2006).

Outras pesquisas estima-se uma extensão de 270 milhões de hectares irrigados, o que corresponde a apenas 15% da terra cultivada, mas responde por 40% da produção de fibras e alimentos do planeta (TYLER, 2007). Desses 270 milhões de hectares, 160 estão situados em regiões de clima úmido, os outros 110 milhões estão localizados em zonas secas cujo total precipitado não é suficiente para promover a lixiviação dos sais adicionados ao solo durante o período de irrigação, aumentando o risco de acúmulo de sais no solo (SMEDEMA; SHIATI, 2002; ANDRADE et al. 2004; FERNANDES et al. 2005).

### **3.3 Análise multivariada dos atributos químicos do solo para as estações secas e chuvosas**

Por meio da análise de componentes principais (CP) é possível observar a interação das variáveis nas diversas formas de manejo do solo analisado, foram selecionados dois componentes principais (CP 1 e 2). Para escolha dos componentes principais foram selecionados aqueles que tiveram autovalores maiores que 1 (Vinci, 2005), utilizados para avaliar a correlação entre os componentes principais e as

variáveis. Desta forma os componentes principais 1 e 2 explicaram juntos 85,97% da variação total dos dados.(Tabela 6).

**Tabela 6** - Autovalores e percentual da variância explicada por cada componente.

Número de componentes	Autovalores			
	Extração dos componentes principais			
	Autovalores	% da variação explicada	Autovalores acumulados	% da variação explicada acumulada
<b>1</b>	<b>9,78</b>	<b>65,22</b>	<b>9,78</b>	<b>65,22</b>
<b>2</b>	<b>3,11</b>	<b>20,74</b>	<b>12,89</b>	<b>85,97</b>
<b>3</b>	0,73	4,93	13,63	90,90
<b>4</b>	0,59	3,93	14,22	94,83
<b>5</b>	0,45	3,06	14,68	97,90
<b>6</b>	0,25	1,67	14,93	99,57
<b>7</b>	0,03	0,21	14,96	99,79
<b>8</b>	0,01	0,09	14,98	99,88
<b>9</b>	0,00	0,08	14,99	99,96
<b>10</b>	0,00	0,02	14,99	99,98
<b>11</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>12</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>13</b>	0,00	0,00	14,99	99,99
<b>14</b>	0,00	0,00	15,00	100,00
<b>15</b>	0,00	0,00	15,00	100,00

Com base na Tabela 7, se pode observar a interação das variáveis com os respectivos fatores em função dos tratamentos aplicados no solo. No Argissolo Vermelho Amarelo as variáveis ligadas aos atributos químicos (M.O, H+Al, m, P e pH) tiveram uma maior contribuição positiva para o CP1, enquanto variáveis (Na, S, T, C.O, CEes e PST) correlacionaram de forma negativa. No CP2, nenhuma variável se associou de forma positiva, mas, as variáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e V) são as mais relevantes negativamente, mostrando maior contribuição.

**Tabela 7** - Correlação dos atributos químicos analisados com os componentes principais (CP) obtidos a partir de todos os atributos analisados.

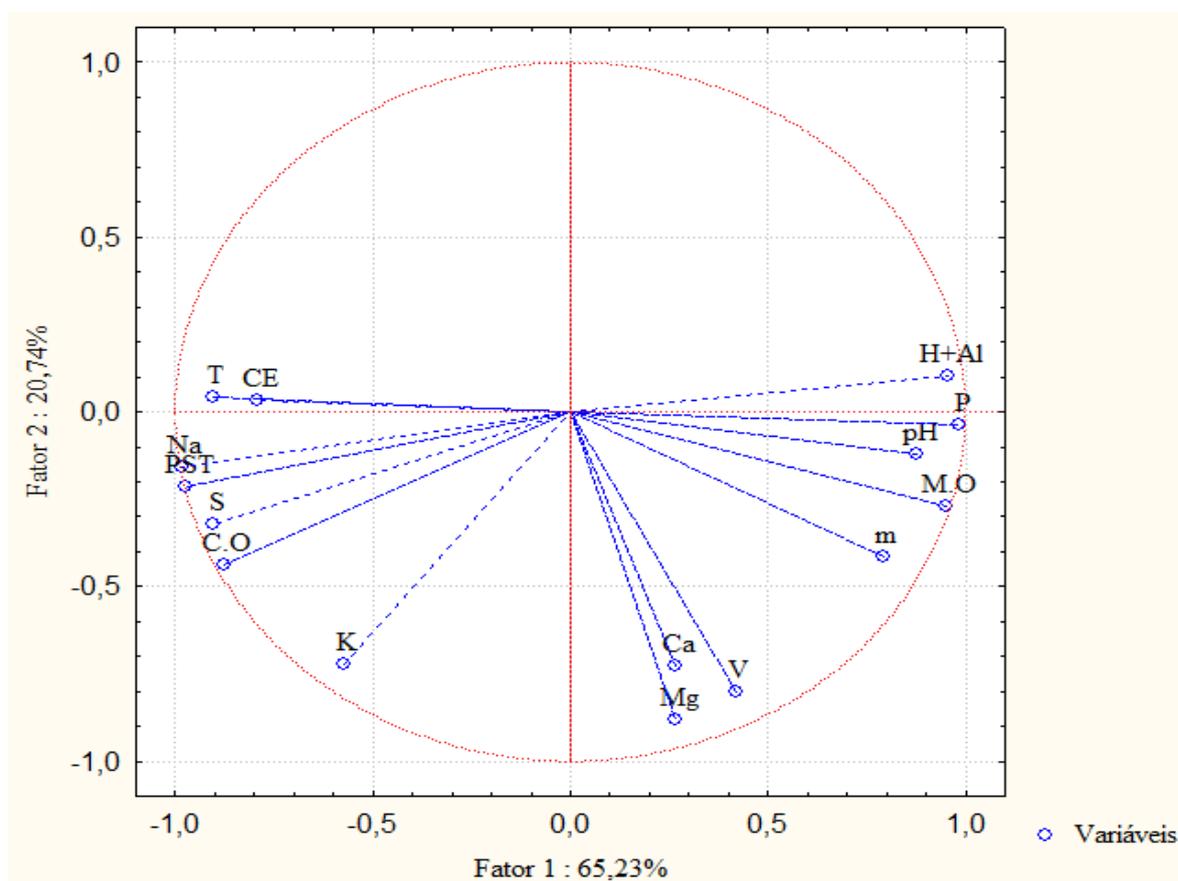
Variável	CP1	CP2
Ca	0,26	<b>-0,72</b>
Mg	0,26	<b>-0,88</b>
Na	<b>-0,98</b>	-0,15
K	-0,57	<b>-0,72</b>
H+Al	<b>0,95</b>	0,10
S	<b>-0,90</b>	-0,32
T	<b>-0,90</b>	0,04
V	0,41	<b>-0,80</b>
M	<b>0,79</b>	-0,41
C.O	<b>-0,87</b>	-0,43
M.O	<b>0,95</b>	-0,27
P	<b>0,98</b>	-0,03
pH	<b>0,87</b>	-0,12
CE	<b>-0,79</b>	0,03
PST	<b>-0,97</b>	-0,21

A condição de baixas precipitações registradas nas regiões semiáridas é agravada pelo elevado saldo de energia solar disponível ao processo de evapotranspiração. A combinação desses dois processos naturais com a adoção da irrigação com água salina resulta em altas concentrações de sais no solo (MEIRELES et al. 2003; BRITO et al. 2005; CHAVES et al. 2006; LOPES et al. 2008). A mudança das taxas de evapotranspiração nessas regiões pela adoção da irrigação, mesmo em uma visão conservacionista, resulta em uma adição de 3 a 5 Mg ha ano<sup>-1</sup> de sais ao solo explorado pela agricultura irrigada (ARAGUÉS; TANJI, 2003; CAUSAPÉ et al. 2004).

Na Figura 5 está representado o plano fatorial formado pelos fatores (F1 e F2), a disposição das cargas dos atributos químicos e os valores (scores) dos diferentes tratamentos aplicados ao solo, no período seco e chuvoso, ambos na camada de 0 a 0,30 m. Considerando o deslocamento horizontal a correlação com o F1 e vertical com o F2, observa-se a localização gráfica das cargas dos atributos e os valores (scores) das diferentes unidades experimentais estudadas. Verificamos que os maiores valores para H+Al, m, M.O, pH e P apresentaram maior influencia no F1, pois tem correlação altamente positiva, enquanto, o Na, S, T, C.O, CE e PST são bastante relevante a esse

fator, com antagonismo negativo. Quanto ao F2, observa-se que somente há correlação negativa com as variáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e V), afirmando que as variáveis ligadas a fertilidade do solo são as que exercem maior influencia podendo considerar assim um fator importante para definir uma boa qualidade desse solo.

**Figura 5** - Dispersão dos atributos químicos do solo cultivado com girassol e milho durante 24 meses, em diferentes condições salinas e nitrogenadas, na camada de solo (0 – 0,30m).  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  - em água; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O - Matéria orgânica; C.O - Carbono orgânico P – Fosforo;  $\text{K}^+$  - Potássio;  $\text{Na}^+$  - Sódio;  $\text{Ca}^{2+}$  - Cálcio;  $\text{Mg}^{2+}$  - Magnésio; (H+Al) – Acidez potencial; T – Capacidade de troca de cátions; V – Saturação por bases; S – soma de bases; m – Saturação por alumínio, PST – Percentagem de sódio trocável



Desta forma, é possível inferir que a ACP permitiu identificar as principais fontes de variação no conjunto de dados observados. Além disso, possibilitou a redução do número de variáveis sem a perda de informações importantes.

Com bases nos resultados obtidos referente a variabilidade dos atributos químicos é possível traçar estratégias de manejo, a partir do estabelecimento das prioridades de intervenções a serem adotadas. Desta forma, em função da alta contribuição do K e o P (primeiro e segundo componente principal) na variabilidade das

áreas, teoricamente, dever-se-ia priorizar aplicações destes nutrientes em sítios específicos, através da taxa variável, objetivando homogeneizar seus níveis no solo. No entanto, tendo em vista que, em geral, os teores destes nutrientes apresentam-se acima dos teores críticos, ou seja, não são considerados limitantes ao desenvolvimento de plantas.

Em um planejamento focando resultados a longo prazo, a estratégia é buscar intensivamente o aumento nos teores de M.O, a partir de práticas de manejo conservacionistas. Considerando a M.O um dos melhores indicadores de qualidade do solo, o aumento do teor, favorecerá o equilíbrio químico e nutricional do solo. Além disso, contribuirá na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Quanto ao efeito sobre a disponibilidade do P outro fator importante é a liberação de exsudatos que podem interferir na fixação do P pelo solo. Segundo Ae et al. (1990), em exsudatos de raízes de feijão guandu têm sido encontrados compostos fenólicos (p.ex.: ácido piscídico), o qual quelata o ferro, deixando o P livre na solução do solo para ser absorvido pelas culturas. Estes mesmos autores relatam que os exsudatos produzidos pelas raízes do feijão guandu dissolvem o fosfato contido nas rochas tornando o P disponível para uso pelas culturas. Também, em cada unidade experimental, resíduos orgânicos (galhos finos e grossos, folhas e etc.) foram deixados sobre a superfície do solo exercendo proteção contra as intempéries e favorecendo a microbiota do solo, sendo este material iniciado decomposto de forma gradativa ao longo dos dois anos, além, da fitomassa incorporada antes desse estudo pode ser a causa da disponibilidade maior de P e K, causando maior variabilidade no solo.

Costa et al. (2004) verificaram que o manejo onde envolve o enriquecimento com espécies mais eficientes em produzir massa vegetal de qualidade, parece ser eficiente em aportar nutrientes por meio do material formador da serapilheira em seu estudo sobre o aporte de nutrientes pela serapilheira de diferentes leguminosas arbóreas em área degradada. Além disso, o aporte de nutrientes pela serapilheira mostrou-se fortemente associado com a produção de fitomassa, revelando que as faixas com predomínio do sabiá foram mais eficientes neste processo. No estudo em questão, foi utilizado girassol e milho, uma oleaginosa e uma gramínea. Na presente pesquisa, as culturas de girassol e milho, são capazes de produzir em acima de 5 e 10 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente, o que reforça os resultados dos autores acima.

Acreditamos que a variabilidade entre essas variáveis, esta relacionada com a lixiviação dos sais durante o período chuvoso, mas, também pelo incremento de C.O e

M.O comparado a estação seca. Regiões semiáridas apresentam características climáticas desfavoráveis à manutenção do C.O no solo, encontrando-se valores bem reduzidos, como os divulgados por alguns autores: 0,8 dag kg<sup>-1</sup>(TIESSEN et al. 1998),1,05 dag kg<sup>-1</sup> (FRANCELINO et al. 2005), 0,48 dag kg<sup>-1</sup> (SU et al. 2004), 0,4 dag kg<sup>-1</sup>(CHAVES et al. 2006), 0,24 dag kg<sup>-1</sup>(SILVA; CHAVES, 2001).

Obviamente, tais observações para o C.O do solo não dependem essencialmente do clima em questão e essa ideia é confirmada por Paul et al. (2002), que concluíram que os fatores que mais afetaram as mudanças no C.O do solo, entre os vários estudos incluídos no seu trabalho além do clima, foram o tipo de uso anterior e a espécie implantada ao solo, o que em nossa pesquisa anterior foi cultivado milho consorciado com feijão e sua fitomassa (8 Mg ha<sup>-1</sup>)foi incorporada ao solo.

De acordo com Ribeiro et al. (2009), rochas com predomínios de feldspatos, como a albita (NaAlSiO<sub>3</sub>) podem ser fontes potenciais de Na ao sistema solo durante o processo de intemperismo, assim como a anortita (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) é fonte de Ca e microlina e ortoclásio (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) são fontes de K, o que são presentes nos solos na região Nordeste do Brasil.

Esses resultados devem-se, em grande parte, à composição da água salina utilizada na irrigação, que tinha uma proporção 7:2:1 de Na<sup>+</sup> em relação aos principais cátions divalentes (Ca<sup>2+</sup>e Mg<sup>2+</sup>). Os valores de PST decresceram durante o período chuvoso, sendo os menores valores de PST encontrados na camada superficial do solo. Esse resultado reforça a necessidade de utilização de estratégia de manejo, como a aplicação alternada de águas de baixa e alta salinidade ao longo do ciclo das culturas (MURTAZA et al. 2006), utilização de frações de lixiviação (ASSIS JÚNIOR et al. 2007), da aplicação de gesso e emprego de diferentes culturas na mesma área. Essas estratégias contribuem para a convivência com os problemas de salinidade e sodicidade na agricultura irrigada (SMEDERMA, 2007; RITZEMA, et al. 2008).

De acordo com a Figura 6, é possível observar que temos a formação de dois grupos no solo analisado, porém cada variável foi agrupada de acordo com as características apresentadas no solo. Por meio do dendrograma, o corte estabelecido a 20% da medida de dissimilaridade para diferenciar a formação de dois grupos: Grupo 1 (composto pelos tratamentos aplicados no período seco) e o grupo 2 (representado pelos tratamentos aplicados no período chuvoso), ambos na mesma profundidade (0,0 a 0,30 m). Porém, ainda pode ver que dentro de cada grupo há a formação de dois subgrupos

representados pelos tratamentos de menores e maiores concentrações de sais na água de irrigação, em ambos os períodos de avaliação (seco e chuvoso).

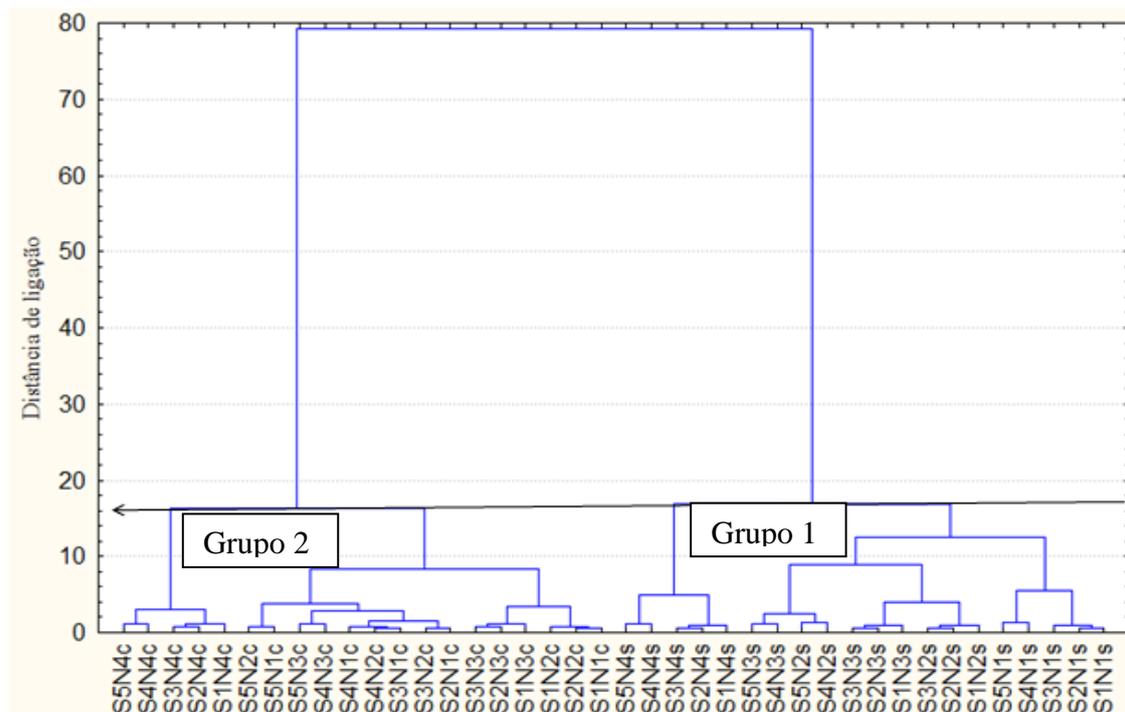
Assim, é evidente a similaridade dos tratamentos dentro de cada grupo, e a dissimilaridade entre os períodos de avaliação, de forma que os tratamentos aplicados com diferentes quantidades de sais na água de irrigação e doses de nitrogênio durante a estação seca em solo cultivado com girassol apresenta diferença quanto cultivado com milho durante a estação chuvosa onde aplica irrigação suplementar com água de baixa salinidade e doses de nitrogênio.

O dendrograma mostra claramente que a similaridade da salinidade do solo para as estações estudadas foi definida pela variabilidade espacial das concentrações dos atributos investigados, ocorrendo uma influência maior da variabilidade temporal, do  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , PST, M.O, C.O,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e a CEes uma vez que os arranjos ocorreram de forma independente da data de amostragem, mas sim, pela época (seca e chuvosa).

Esta homogeneidade é identificada pelo fato de que as ligações entre as variáveis ocorreram simultaneamente e com o menor registro na diferença do coeficiente de aglomeração, o qual é expresso pelo menor valor da distância de similaridade reescalada (HAIR et al. 2005).

Tal fato expressa que as concentrações salinas dentro de cada grupo, não apresentam variações estatisticamente significativas com relação ao espaço, caracterizando o estado de equilíbrio da mesma. Porém, quanto ao tempo há variabilidade estatística, implicando que nesse grupo não há equilíbrio pelo elevado teor de sais. Resultados semelhantes foram constatados por outros pesquisadores em estudos do impacto da irrigação no solo em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro (BRITO et al. 2005; CHAVES et al. 2006).

**Figura 6** - Dissimilaridade entre os grupos estabelecidos por distância euclidiana dos efeitos salinos e de doses nitrogenadas a partir dos atributos químicos de um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com girassol e milho. S1, S2, S3, S4 e S5 (0,8; 2,2; 3,6; 5,0 e 6,4 dS m<sup>-1</sup>) e, N1, N2, N3 e N4 (0; 50; 100 e 150% ) de N , segundo recomendação para ambas as culturas, na camada de solo (0 – 0,30 m).



Essa separação de grupos, caracteriza a existência de uma acumulação de sais altamente significativa nos solos irrigados, expressando que o total precipitado na região foi suficiente para promover a lixiviação dos sais adicionados pela irrigação. Resultados opostos foram relatados por (MEIRELES et al. 2003; ANDRADE et al. 2004; LOPES et al. 2008), em outros municípios do estado do Ceará, onde a precipitação não foi suficiente para promover a lixiviação dos sais presentes no solo.

A CTC do solo e o carbono estocado correlacionaram-se positivamente com a maioria das variáveis, como fósforo. Isso demonstra a importância do manejo e cobertura vegetal sobre a CTC do solo e na manutenção dos teores de carbono. Segundo Silva et al (2003) e Alcântara (2010), essa variabilidade pode ser atribuída, em parte, à aplicação localizada de fertilizantes e ao efeito residual da adubação. A CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo, quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que este solo pode reter.

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo torna-se fundamental para aperfeiçoar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, reduzindo a degradação ambiental provocada pelo excesso destes, melhorando o controle do sistema de produção das culturas (SOUZA et al. 2004; SILVA et al, 2008).

SOUZA et al. (2000) reforçam que, em áreas irrigadas, o processo de salinização pode acontecer mesmo em solos com boas características, em especial nas situações em que não existe manejo de solo e água adequado. Na realidade, a concentração de sais nos solos irrigados apresenta relação direta com a precipitação total anual, com as características físicas do solo e com as condições de drenagem.

Portanto, o tipo de manejo é de suma importância para o desenvolvimento da agricultura dita moderna, pois processo de compactação dos solos por meio de manejo inadequado por inviabilizar a exploração do mesmo. Para Primavesi (2000), locais onde a precipitação pluviométrica seja normal, mas os solos se apresentam compactados e como consequência os sais não podem ser lixiviados pela água, por não permitirem a infiltração da mesma, por mais que a insolação seja suficiente para aquecer o solo e provocar a evaporação. Como prova disto podemos encontrar solos salinos até no círculo polar ártico. (PRIMAVESI, 2000).

#### 4 CONCLUSÕES

A estatística multivariada permitiu visualizar a interação conjunta dos atributos químicos do solo estudado. Diante do comportamento foi possível afirmar que as variáveis ligadas a atributos químicos como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , PST, C.O e M.O exerceram uma maior influência na dinâmica do solo sob as condições impostas, além, de permitir a divisão de grupos com mesmas características no solo tanto entre os períodos de estudo como em profundidade.

Os resultados apresentados neste trabalho confirmaram a hipótese de que o manejo do solo por meio da rotação de cultura (girassol/milho), foi capaz de promover alterações nas propriedades químicas do solo, de forma, a dispor ao solo melhores em condições de cultivo.

**REFERENCIAS**

ANDRADE, E. M.; D'ALMEIDA, D. M. B.; MEIRELES, A. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; ARRUDA, F. E. R. Elevação da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, p.9- 16, 2004.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; LEÃO, R. A. O.; GUERREIRO, M. J. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Resource**, v.106, p.170-177, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (ed). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre: **Gênese**, 1999. p. 9-26.

CATTELAN, J. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; SILVA, T. A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os micro-organismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 293- 301,1997b

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; SILVA, P. C. M.; VASCONSELOS, A. C. F. de; Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 6, n.1, 2006.

CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; NESS, R. L. L.; LOPEZ, J. F. B. Risco de degradação em solo irrigado do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.292-298, 2006.

DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V.; BARROS, A. D. do milho irrigado. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003. p.17-30.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F. & HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca das raízes, caule e folhas de goiabeira submetido a estresse salino. **Pesq. Agropec. Bras.**, 36: 79-88, 2001

FRANCHIN, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná / Julio Cezar FRANCHINI ...[et al.]. – Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. - - (**Documentos / Embrapa Soja**, ISSN 1516-781X; n.327).

FREIRE, M. B. G. dos S. **Manejo de um solo com água salgada submetido a três métodos de irrigação**. 1992, 51f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

FREITAS, E. V. S. **Alterações químicas no solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção da cultura do milho irrigado com água salina**. 2006, 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIU, Q. M.; WANG, S. J.; PIAO, H. C.; OUYANG, Z. Y. The changes in soil organic matter in a forest-cultivation sequence traced by stable carbon isotope. **Australian Journal of Soil Research**, v.41, p.1317-1327, 2003.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; 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.

MEDEIROS, J. F. e GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-plant a em solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO “**MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA**”. Campina Grande: UFPB, 1997.

MEIRELES A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CRUZ, M. G. M.; LEMOS FILHO, L. C. A. Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.34, p.207-212, 2003.

OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R. & KER, J. C. Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1333-1345, 2009.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C. ; FREIRE, M. B. G.S. . Química dos solos salinos e sódicos. In: Vander de Freitas Melo; Luís Reynaldo Ferraciú Alleoni. (Org.). Química e Mineralogia do Solo. 1 ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2009, v. II, p. 449-484.

OLIVEIRA, O. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO “**MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA**”. Campina Grande: UFPB, 1997.

PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade de água na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu – CE.** Fortaleza: UFC, Dissertação Mestrado. 2004.95p.

PESSOA, L. G. M. **Desenvolvimento de Cebola e atributos químicos de dois Neossolos Flúvicos irrigados com águas salinas.** 2009. 87f. (Dissertação Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

PRIMAVESI, A., **Manejo ecológico do solo: A Agricultura em regiões tropicais**, 9ª ed., São Paulo, Livraria Nobel.

QUINN, N. W. T. Environmental decision support system development for seasonal wetland salt management in a river basin subjected to water quality regulation. **Agricultural Water Management**, v.96, p.247–254, 2009.

RHOADES, J.D. ; KANDI AH, A. ; MASHALI, A.M. The use of saline waters for crop production. **FAO Irrigation and Drainage Paper** No. 48, Rome, 133 pp, 1992.

SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; SILVA, V.R. da; BASSO, C.J.; DELLA FLORA, L.P.; CHERUBIN, M.R.; EITELWEIN M.T. Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois Latossolos manejados com agricultura de precisão. **Interciencia**, v.37, p.204-208, 2012.

SILVA, P.C.M. da; CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.431-436, 2001.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJO, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.

TEDESCHI, A.; DELL' AQUILLA, R. Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. **Agricultural Water Management**, v. 77, p. 308-322, 2005.

TYLER, M. G. **Ciência ambiental**. 11.ed. São Paulo, 2007. 501p

VIEIRA, S.R.; BRANCALIÃO, S.R.; GREGO, C.R.; MARTINS, A.L.M. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com leguminosas consorciada com a seringueira. **Bragantia**, v.69, p.423-432, 2010.

## APÊNDICE

**Tabela 1** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 2\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,00	-	1,0000	11000,00	-
1	10324,366	-	8765,58833	0,9804	10121,93	8593,71
2	6174,366	-	9806,20493	0,9612	5934,61	9425,42
3	6174,37	-	9806,20493	0,9423	5818,24	9240,61
4	6174,37	-	9806,20493	0,9238	5704,16	9059,42
5	6174,37	-	9806,20493	0,9057	5592,31	8881,78
6	6174,37	-	9806,20493	0,8880	5482,66	8707,63
7	6174,37	-	9806,20493	0,8706	5375,16	8536,89
8	6174,37	-	9806,20493	0,8535	5269,76	8369,50
<b>Total</b>	<b>64544,93</b>		<b>77409,0229</b>		<b>-60298,83</b>	<b>70814,96</b>

\*Tratamento 2 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e 50% da recomendação da adubação nitrogenada

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 2** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 3\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,00	-	1,0000	11000,00	-
1	10947,352	-	9741,604	0,9804	10732,70	9550,59
2	6797,352	-	10941,122	0,9612	6533,40	10516,26
3	6797,35	-	10941,1216	0,9423	6405,30	10310,06
4	6797,35	-	10941,1216	0,9238	6279,70	10107,91
5	6797,35	-	10941,1216	0,9057	6156,57	9909,71
6	6797,35	-	10941,1216	0,8880	6035,85	9715,40
7	6797,35	-	10941,1216	0,8706	5917,50	9524,90
8	6797,35	-	10941,1216	0,8535	5801,47	9338,14
<b>Total</b>	<b>69528,82</b>		<b>86329,455</b>		<b>-64862,50</b>	<b>78972,99</b>

\*Tratamento 3 – Cultivo sequencial de girassol e milho irrigados com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e 100% da recomendação da adubação nitrogenada

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 3** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 5\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	10000,000	-	1,0000	10000,00	-
1	9701,359	-	5831,824	0,9804	9511,14	5717,47
2	5551,359	-	6934,074	0,9612	5335,79	6664,82
3	5551,36	-	6934,07364	0,9423	5231,17	6534,13
4	5551,36	-	6934,07364	0,9238	5128,60	6406,01
5	5551,36	-	6934,07364	0,9057	5028,04	6280,40
6	5551,36	-	6934,07364	0,8880	4929,45	6157,26
7	5551,36	-	6934,07364	0,8706	4832,79	6036,53
8	5551,36	-	6934,07364	0,8535	4738,03	5918,17
<b>Total</b>	<b>58560,87</b>		<b>54370,340</b>		<b>-54735,00</b>	<b>49714,79</b>

\*Tratamento 5 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 2,2 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 4** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 6\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10324,366	-	8796,370	0,9804	10121,93	8623,89
2	6174,366	-	9642,102	0,9612	5934,61	9267,69
3	6174,37	-	9642,10204	0,9423	5818,24	9085,97
4	6174,37	-	9642,10204	0,9238	5704,16	8907,81
5	6174,37	-	9642,10204	0,9057	5592,31	8733,15
6	6174,37	-	9642,10204	0,8880	5482,66	8561,91
7	6174,37	-	9642,10204	0,8706	5375,16	8394,03
8	6174,37	-	9642,10204	0,8535	5269,76	8229,44
<b>Total</b>	<b>64544,93</b>		<b>76291,085</b>		<b>-60298,83</b>	<b>69803,89</b>

\*Tratamento 6 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 2,2 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e 50% da adubação nitrogenada.

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 5** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 7\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10947,352	-	9547,749	0,9804	10732,70	9360,54
2	6797,352	-	10762,825	0,9612	6533,40	10344,89
3	6797,35	-	10762,8248	0,9423	6405,30	10142,05
4	6797,35	-	10762,8248	0,9238	6279,70	9943,19
5	6797,35	-	10762,8248	0,9057	6156,57	9748,22
6	6797,35	-	10762,8248	0,8880	6035,85	9557,08
7	6797,35	-	10762,8248	0,8706	5917,50	9369,69
8	6797,35	-	10762,8248	0,8535	5801,47	9185,97
<b>Total</b>	<b>69528,82</b>		<b>84887,523</b>		<b>-64862,50</b>	<b>77651,62</b>

\*Tratamento 7 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 2,2 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 100% da adubação nitrogenada.

\*\*F.D – Fator de desconto

**Tabela 6** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 8\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	12000,000	-	1,0000	12000,00	-
1	11570,338	-	11197,995	0,9804	11343,47	10978,43
2	7420,338	-	12578,376	0,9612	7132,20	12089,94
3	7420,34	-	12578,3759	0,9423	6992,35	11852,88
4	7420,34	-	12578,3759	0,9238	6855,25	11620,47
5	7420,34	-	12578,3759	0,9057	6720,83	11392,62
6	7420,34	-	12578,3759	0,8880	6589,05	11169,24
7	7420,34	-	12578,3759	0,8706	6459,85	10950,23
8	7420,34	-	12578,3759	0,8535	6333,19	10735,52
<b>Total</b>	<b>75512,70</b>		<b>99246,626</b>		<b>-70426,18</b>	<b>90789,34</b>

\*Tratamento 8 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 2,2 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 150% da adubação nitrogenada.

**Tabela 7** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 9\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	10000,000	-	1,0000	10000,00	-
1	9701,359	-	5558,515	0,9804	9511,14	5449,52
2	5551,359	-	6685,759	0,9612	5335,79	6426,14
3	5551,36	-	6685,75901	0,9423	5231,17	6300,14
4	5551,36	-	6685,75901	0,9238	5128,60	6176,61
5	5551,36	-	6685,75901	0,9057	5028,04	6055,50
6	5551,36	-	6685,75901	0,8880	4929,45	5936,76
7	5551,36	-	6685,75901	0,8706	4832,79	5820,36
8	5551,36	-	6685,75901	0,8535	4738,03	5706,23
<b>Total</b>	<b>58560,87</b>		<b>52358,828</b>		<b>-54735,00</b>	<b>47871,26</b>

\*Tratamento 9 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 3,5 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada.

**Tabela 8** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 10\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10324,366	-	8327,203	0,9804	10121,93	8163,92
2	6174,366	-	9386,724	0,9612	5934,61	9022,23
3	6174,37	-	9386,72449	0,9423	5818,24	8845,32
4	6174,37	-	9386,72449	0,9238	5704,16	8671,88
5	6174,37	-	9386,72449	0,9057	5592,31	8501,85
6	6174,37	-	9386,72449	0,8880	5482,66	8335,14
7	6174,37	-	9386,72449	0,8706	5375,16	8171,71
8	6174,37	-	9386,72449	0,8535	5269,76	8011,48
<b>Total</b>	<b>64544,93</b>		<b>74034,275</b>		<b>-60298,83</b>	<b>67723,53</b>

\*Tratamento 10 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 3,5 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 50% adubação nitrogenada.

**Tabela 9** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 11\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10947,352	-	9266,396	0,9804	10732,70	9084,70
2	6797,352	-	10482,201	0,9612	6533,40	10075,16
3	6797,35	-	10482,2007	0,9423	6405,30	9877,61
4	6797,35	-	10482,2007	0,9238	6279,70	9683,93
5	6797,35	-	10482,2007	0,9057	6156,57	9494,05
6	6797,35	-	10482,2007	0,8880	6035,85	9307,89
7	6797,35	-	10482,2007	0,8706	5917,50	9125,39
8	6797,35	-	10482,2007	0,8535	5801,47	8946,46
<b>Total</b>	<b>69528,82</b>		<b>82641,801</b>		<b>-64862,50</b>	<b>75595,20</b>

\*Tratamento 11 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 3,5 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 100% dadubação nitrogenada.

**Tabela 10** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 12\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	12000,000	-	1,0000	12000,00	-
1	11570,338	-	10861,475	0,9804	11343,47	10648,50
2	7420,338	-	12245,486	0,9612	7132,20	11769,98
3	7420,34	-	12245,4855	0,9423	6992,35	11539,19
4	7420,34	-	12245,4855	0,9238	6855,25	11312,94
5	7420,34	-	12245,4855	0,9057	6720,83	11091,11
6	7420,34	-	12245,4855	0,8880	6589,05	10873,64
7	7420,34	-	12245,4855	0,8706	6459,85	10660,43
8	7420,34	-	12245,4855	0,8535	6333,19	10451,40
<b>Total</b>	<b>75512,70</b>		<b>96579,873</b>		<b>-70426,18</b>	<b>88347,20</b>

\*Tratamento 12 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 3,5 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 150% dadubação nitrogenada.

**Tabela 11** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 13\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	10000,000	-	1,0000	10000,00	-
1	9701,359	-	5396,215	0,9804	9511,14	5290,41
2	5551,359	-	6352,134	0,9612	5335,79	6105,47
3	5551,36	-	6352,13435	0,9423	5231,17	5985,76
4	5551,36	-	6352,13435	0,9238	5128,60	5868,39
5	5551,36	-	6352,13435	0,9057	5028,04	5753,32
6	5551,36	-	6352,13435	0,8880	4929,45	5640,51
7	5551,36	-	6352,13435	0,8706	4832,79	5529,92
8	5551,36	-	6352,13435	0,8535	4738,03	5421,49
<b>Total</b>	<b>58560,87</b>		<b>49861,155</b>		<b>-54735,00</b>	<b>45595,27</b>

\*Tratamento 13 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada.

**Tabela 12** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 14\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10324,366	-	8080,900	0,9804	10121,93	7922,45
2	6174,366	-	9146,168	0,9612	5934,61	8791,01
3	6174,37	-	9146,16752	0,9423	5818,24	8618,64
4	6174,37	-	9146,16752	0,9238	5704,16	8449,65
5	6174,37	-	9146,16752	0,9057	5592,31	8283,97
6	6174,37	-	9146,16752	0,8880	5482,66	8121,54
7	6174,37	-	9146,16752	0,8706	5375,16	7962,29
8	6174,37	-	9146,16752	0,8535	5269,76	7806,17
<b>Total</b>	<b>64544,93</b>		<b>72104,072</b>		<b>-60298,83</b>	<b>65955,70</b>

\*Tratamento 14 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 50% da adubação nitrogenada.

**Tabela 13** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 15\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10947,352	-	9015,343	0,9804	10732,70	8838,57
2	6797,352	-	10238,251	0,9612	6533,40	9840,69
3	6797,35	-	10238,2509	0,9423	6405,30	9647,73
4	6797,35	-	10238,2509	0,9238	6279,70	9458,56
5	6797,35	-	10238,2509	0,9057	6156,57	9273,10
6	6797,35	-	10238,2509	0,8880	6035,85	9091,27
7	6797,35	-	10238,2509	0,8706	5917,50	8913,01
8	6797,35	-	10238,2509	0,8535	5801,47	8738,25
<b>Total</b>	<b>69528,82</b>		<b>80683,099</b>		<b>-64862,50</b>	<b>73801,19</b>

\*Tratamento 15 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 100% da adubação nitrogenada.

**Tabela 14** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 16\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	12000,000	-	1,0000	12000,00	-
1	11570,338	-	10717,653	0,9804	11343,47	10507,50
2	7420,338	-	12142,756	0,9612	7132,20	11671,24
3	7420,34	-	12142,756	0,9423	6992,35	11442,39
4	7420,34	-	12142,756	0,9238	6855,25	11218,03
5	7420,34	-	12142,756	0,9057	6720,83	10998,07
6	7420,34	-	12142,756	0,8880	6589,05	10782,42
7	7420,34	-	12142,756	0,8706	6459,85	10571,00
8	7420,34	-	12142,756	0,8535	6333,19	10363,73
<b>Total</b>	<b>75512,70</b>		<b>95716,945</b>		<b>-70426,18</b>	<b>87554,37</b>

\*Tratamento 16 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 150% da adubação nitrogenada.

**Tabela 15** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 18\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10324,366	-	7818,278	0,9804	10121,93	7664,98
2	6174,366	-	8885,656	0,9612	5934,61	8540,62
3	6174,37	-	8885,65646	0,9423	5818,24	8373,15
4	6174,37	-	8885,65646	0,9238	5704,16	8208,97
5	6174,37	-	8885,65646	0,9057	5592,31	8048,01
6	6174,37	-	8885,65646	0,8880	5482,66	7890,21
7	6174,37	-	8885,65646	0,8706	5375,16	7735,50
8	6174,37	-	8885,65646	0,8535	5269,76	7583,82
<b>Total</b>	<b>64544,93</b>		<b>70017,873</b>		<b>-60298,83</b>	<b>64045,26</b>

\*Tratamento 18 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 6,4 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 50% da adubação nitrogenada.

**Tabela 16** – Fluxo de caixa para o cultivo rotacional do girassol/milho submetido a irrigação com água salina e doses de nitrogênio, para o cálculo dos indicadores de rentabilidade do Tratamento 19\*

Ano	Valores Nominas (reais)			F.D(r=2%)	Valores Atualizados(reais)	
	C. oper	Investimento	Receitas		Custos	Receitas
0	-	11000,000	-	1,0000	11000,00	-
1	10947,352	-	8712,358	0,9804	10732,70	8541,53
2	6797,352	-	9931,926	0,9612	6533,40	9546,26
3	6797,35	-	9931,92602	0,9423	6405,30	9359,08
4	6797,35	-	9931,92602	0,9238	6279,70	9175,56
5	6797,35	-	9931,92602	0,9057	6156,57	8995,65
6	6797,35	-	9931,92602	0,8880	6035,85	8819,27
7	6797,35	-	9931,92602	0,8706	5917,50	8646,34
8	6797,35	-	9931,92602	0,8535	5801,47	8476,80
<b>Total</b>	<b>69528,82</b>		<b>78235,840</b>		<b>-64862,50</b>	<b>71560,49</b>

\*Tratamento 19 – Cultivo sequencial de girassol irrigado com água salina de 6,4 dS m<sup>-1</sup> e milho irrigados de forma suplementar com água salina de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e com 100% da adubação nitrogenada.