



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

ANTÔNIA LEILA ROCHA NEVES

**ESTRATÉGIAS VISANDO O USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA SALINA EM UM
CICLO DE ROTAÇÃO CULTURAL FEIJÃO-DE-CORDA/GIRASSOL**

FORTALEZA

2012

ANTÔNIA LEILA ROCHA NEVES

**ESTRATÉGIAS VISANDO O USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA SALINA EM UM
CICLO DE ROTAÇÃO CULTURAL FEIJÃO-DE-CORDA/GIRASSOL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- N422e Neves, Antônia Leila Rocha.
 Estratégias visando o uso sustentável de água salina em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girassol / Antônia Leila Rocha Neves – 2012.
 159 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2012.
 Área de Concentração: Irrigação E Drenagem.
 Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
1. Salinidade. 2. Irrigação. 3. Rejeito de dessalinização. 4. Sustentabilidade. 5. *Vigna unguiculata*.
 6. *Helianthus Annuus*. I. Título.

ANTÔNIA LEILA ROCHA NEVES

**ESTRATÉGIAS VISANDO O USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA SALINA EM UM
CICLO DE ROTAÇÃO CULTURAL FEIJÃO-DE-CORDA/GIRASSOL**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.
Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em: 31/08/2012

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi (Conselheiro)
Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Prof^ª. Dr^ª. Maria Irlles de Oliveira Mayorga (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Enéas Gomes Filho (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof^ª. Dr^ª. Aiala Vieira Amorim (Conselheiro)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

A minha família: pais, irmãos e sobrinhos.
A Tia Nelça e família, Tia Deuzanir e família,
Ao meu namorado Valcélvio,
E a todos que colaboraram e acreditaram
na realização deste projeto de vida.

OFEREÇO

Aos meus pais, José Luciano Rocha Neves
e Maria Ivani Rocha Neves
e ao meu amigo e orientador
Professor Claudivan Feitosa de Lacerda
DEDICO

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos,
não é senão uma gota de água no mar.
Mas, o mar seria menor se lhe faltasse uma gota
(Madre Teresa de Calcutá).

AGRADECIMENTOS

A Deus, todo poderoso, por estar presente em todos os momentos de minha vida me concedendo coragem, sabedoria, força e graça.

Aos meus pais, José Luciano Rocha Neves e Maria Ivani Rocha Neves, pelo amor, confiança e dedicação. Presentes divinos. A vocês minha eterna gratidão.

A Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade oferecida à realização deste curso.

Ao Professor Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, exemplo de orientador, pela amizade, compreensão, carinho e dedicação a mim oferecida durante todas as etapas do curso. As palavras são insuficientes para expressar a minha gratidão.

Aos meus irmãos: Ivam, Luiza (Lu), Lucivânia (Vaninha), Klever, Klebiano, Luciana e Luana pelo apoio.

À minha irmã, Luana Ingrid Rocha Neves, e meu sobrinho Wellington Neves Freitas Júnior pelo companheirismo, zelo e amizade, e por acreditar tanto em mim.

Aos meus sobrinhos que tanto amo: Wiarley, Lorena, Vanessa, Luciano, Luís Eduardo, Douglas e Hernan, onde a força de seus olhinhos inocentes me guiam no caminho da perseverança, do respeito ao próximo e do amor.

Aos meus cunhados José Weliton (*in memoriam*), Pedrinho, Ana Cláudia, Erilândia e Aneilton que sempre estiveram na torcida por mim.

Ao José Valcélvio de Vasconcelos pelo carinho, companheirismo, atenção, paciência e ajuda.

A D. Luzia, Dr. Valdir Vasconcelos, Auricélia, Socorro e Aurilene, agradeço o apoio, as orações e a compreensão.

A tia Nelça, tio Acélio, Claudia, Disney, Caio, tia Nelsinda, tia Disney (*in memoriam*), tio Júlio, sou eternamente grata.

A tia Deuzanir e família pela excelente acolhida fundamental em Fortaleza, sou muito grata.

Ao Carlos Henrique e Leandro Silva, grandes amigos companheiros, excelentes profissionais.

Ao Flávio Batista e Daniel Rodrigues, pela amizade e apoio, desde o curso de Mestrado.

Ao Prof. Enéas Gomes Filho, pelo apoio nas análises, sempre muito solícito e atencioso e pela valiosa contribuição para melhoria do trabalho.

Ao Prof. Joaquim Enéas pelo apoio nas análises, sempre muito atencioso.

Aos alunos do laboratório de fisiologia vegetal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, em especial ao Elton Marques e Rafael Miranda, pela amizade, convivência e presteza. E ao bolsista Luckas Huriel.

Ao Prof. Hans que tanto colaborou com este trabalho, do início ao fim, sempre muito atencioso, bondoso e competente. O seu apoio é essencial.

A Prof. Aiala por ter aceitado prontamente o meu convite, e ter disponibilizado do seu valioso tempo para contribuir com este trabalho.

A Prof. Irlés pela amizade, por sua simplicidade e por sempre me incentivar e me desafiar a atuar no campo da pesquisa. Eu a admiro muito.

Ao Prof. Omar e Prof. Eunice profissionais brilhantes. Pela amizade, atenção, ensinamentos transmitidos e pela convivência amável.

Ao Prof. Fernando Hernandez pela participação na banca de qualificação, enriquecendo o trabalho, apoio nas análises e pelas conversas amigáveis.

A funcionária do laboratório de química do Departamento de Solos, Fátima Silva que sempre esteve disposta a me ajudar nas análises desde o Mestrado. Aos funcionários do laboratório de Solos e Água do Departamento de Solos pela presteza e gentileza.

Ao Dr. Marlos Bezerra, pela amizade e presteza.

Ao Prof. Dr. Thales Vinícius pela valiosa contribuição na banca de qualificação e pela solicitude e fornecimento dos dados meteorológicos.

A Dra. Ana Célia Maia Meireles pela valiosa contribuição na banca de qualificação e pela amizade.

Ao Prof. José Tarquínio Prisco pela amizade, ensinamentos e apoio.

Aos amigos que conquistei durante o experimento de campo, D. Ivonete e família e ao Jarde Guimarães, pela amizade, hospitalidade e valiosa ajuda.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Vale do Curu – UFC, pelo apoio, em especial ao gerente Sr. Valmir.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola – UFC, pelo apoio, e amizade, em especial Ana Maria, Manoel Jacób, Willa, Fátima, Ivam, Crisóstomo e Maurício pela boa convivência e presteza.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFC, especialmente: Dr. Camboim Neto, Dra. Albanise, Dr. Nonato Costa, Dr. Marcus Bezerra, Adunias, Villioti e José Carlos.

Ao Jardelson Ferreira, Luciano de Andrade Filho, Gabriel Farias e Mailson Alves pela grande ajuda e presteza sempre que precisei e também pela amizade.

Ao amigo Dr. Francisco Valdez Auguste Guimarães, que tanto me ajudou, pela sua amizade. Toda minha admiração.

Aos amigos Dra. Adna Viana Dutra, Dra. Ivna Holanda, Renato Silveira, Carlos Régis Silveira, Nágila Cândido, Frederico Cândido, Larissa Cunha Alves, Mairton, D. Ana Lourdes e família, D. Pérpetua e família, William (Jijoca), Deilson, Tiago Ramos, Rafael Alves, Alexandre, Anne Laure Alice Collard, Esther Laurens, Marta Evanda, Martin Juan, Ângela Fabia (Fabiana), Gleison Neves, Tio Jairo, Tia Socorro, Tio Valdenir, Tia Ana Rita, Tia Terezinha, Manoel Osterno, Liduina, Magnum Sousa Pereira, Juan Carlos, Ricardo, Adriano Silva Laís Monique, Keivia e Amanda.

Aos amigos de curso de Mestrado e Doutorado: Jefferson, Alexandre Costa, Deodato Aquino, Regina Duarte, Levi, Danielle, Fabilla, Marcos Mesquita, Karine, Eduardo Júnior, Simão, Fernando Bezerra, Eveline, Andreia, Abelardo, Dimas, Bruna Macêdo, Edivam José, Olienaide Ribeiro, Ciro de Miranda, Beatriz, Carmem, Felipe, Fabrício, Flávio, Clênio Moreira, Cley Anderson, Denise, Mauro Régis, Luiz Guerreiro, Sildemberny, Evami, Wanderley Guimarães, Limeira, João Valdenor, Alexandre Reuber, Alan Diniz, Rousi, Michele Bessa, Maria Auxiliadora, Edineide, Giovana, Geocleber, Chrislene Nojosa, Aglodoaldo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agradeço pelo financiamento desta pesquisa. Ao INCTSal pelo apoio financeiro durante todas as etapas do desenvolvimento da pesquisa. A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

E a todos aqueles que não mencionados fizeram parte de alguma forma desta conquista e por sua presença afetiva em minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

NEVES, A. L. R. **Estratégias visando o uso sustentável de água salina no cultivo do feijão-de-corda**. Orientador: Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda. Fortaleza: UFC. 159f. (Tese). 2012.

O crescimento da população mundial e a crescente demanda de água para atender o consumo das famílias e os demais setores da economia, têm despertado para o aproveitamento de fontes alternativas ou águas de qualidade inferior, tais como as águas salinas e residuárias. O objetivo desse trabalho foi realizar uma avaliação preliminar sobre a situação dos dessalinizadores instalados pelo Governo do Estado do Ceará na região de Pentecoste, Ceará, e, em seguida, avaliar estratégias de manejo da irrigação (uso cíclico de água salina, mistura de fontes de água de diferentes salinidades e utilização apenas nos estádios de maior tolerância da cultura) e o sistema de rotação de culturas feijão-de-corda/girassol, visando o uso sustentável de água salina na agricultura irrigada. O experimento com feijão-de-corda foi conduzido no campo na estação seca de 2011, e obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, com treze tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de: T1: Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo; T2, T3 e T4: Água com CE de 2,2 (A2), 3,6 (A3) e 5,0 (A4) dS m^{-1} , durante todo o ciclo, T5, T6 e T7: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m^{-1} na fase final do ciclo, T8, T9 e T10: Uso cíclico de A1 e A2; A1 e A3 e A1 e A4, iniciando com A1 no plantio; T11, T12 e T13: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m^{-1} 11 dias após o plantio até o final do ciclo, respectivamente. Para verificar o efeito residual de água salina aplicada durante o experimento com o feijão-de-corda, foi cultivado na estação chuvosa de 2012 o girassol nas mesmas parcelas que foram cultivadas com o feijão-de-corda, utilizando irrigação suplementar com água de baixa salinidade (A1). Os valores de CEa para o rejeito de dessalinização na região de Pentecoste variaram de 4,2 a 7,6 dS m^{-1} , representando riscos para o ambiente, sendo que a maior parte do rejeito gerado é utilizada para alimentação animal e a grande maioria da população não tem conhecimento se o rejeito causa algum dano à saúde humana ou ao meio ambiente. Os resultados dos experimentos de campo demonstraram que a aplicação de água salina durante todo o ciclo do feijão-de-corda ao nível de 5,0 dS m^{-1} e após a 11 dias do plantio até o final do ciclo inibe as trocas gasosas foliares, a extração de nutrientes, o crescimento vegetativo e a produtividade da cultura, enquanto as estratégias de irrigação com água salina na fase final do ciclo (floração e frutificação) e de forma cíclica não afetam de forma negativa essas variáveis. Além disso, essas estratégias permitiram uma economia de 34 a 47% de água de baixa salinidade utilizada na irrigação. Ocorreu acúmulo de sais no solo durante o cultivo do feijão-de-corda nos tratamentos em que se utilizou água de elevada salinidade. 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 e aplicação da água salina apenas no estágio final reduziu o impacto sobre o solo. A irrigação com água do canal (A1) com CE de 0,5 dS m^{-1} durante o cultivo do girassol promoveu a lixiviação do excesso de sais no solo no final do cultivo, mas o total de chuvas antes do plantio não foi suficiente para eliminar completamente o efeito residual da salinidade nesta cultura.

Palavras-chave: Salinidade. Irrigação. Rejeito de dessalinização. Sustentabilidade. *Vigna unguiculata*. *Helianthus Annuus*.

ABSTRACT

NEVES, A. L. R. **Strategies for the sustainable use of saline water in the cultivation of cowpea.** Advisor: Claudivan Feitosa de Lacerda. Fortaleza: UFC. 159f. (D.Sc. Thesis). 2012.

The world population growth and increasing demand for water to meet household consumption and other sectors of the economy, have awakened for the use of alternative sources or water of inferior quality, such as saline water and wastewater. The aim of this study was a preliminary assessment of the situation of desalination plants installed by the State Government of Ceara in the region of Pentecoste, Ceará, and then to evaluate irrigation management strategies (cyclic use of saline water, mixture of water of different salinities and use only in stages of tolerant phase of crop) and the system of crop rotation cowpea/sunflower, aiming at the sustainable use of saline water in irrigated agriculture. The experiment with the cowpea was conducted in the dry season of 2011, and followed the randomized block design, with thirteen treatments and five replications. The treatments were: T1: low salinity water (A1), throughout the cycle, T2, T3 and T4: Water with CE 2.2 (A2), 3.6 (A3) and 5.0 (A4) dS m^{-1} , throughout the cycle, T5, T6 and T7: Water with EC of 2.2, 3.6 and 5.0 dS m^{-1} in the final phase of the cycle, T8, T9 and T10: Use cyclic A1 and A2, A1 and A3 and A1 and A4, starting with A1 at sowing, T11, T12 and T13: Water of EC of 2.2, 3.6 and 5.0 dS m^{-1} after germination until the end of cycle. To verify the residual effect of saline water applied during the experiment with the cowpea, sunflower was grown in the rainy season of 2012 in the same plots that were cultivated with cowpea, using supplementary irrigation with water of low salinity. The EC of the desalination waste in the region of Pentecoste ranged from 4.2 to 7.6 dS m^{-1} , representing a risk for the environment, where much of the waste generated is used to feed the vast majority of population is not aware if the reject cause any harm to human health or to the environment. The results of field experiments showed that the use of saline water during the entire cycle of the cowpea up to the level of 5.0 dS m^{-1} and after germination until the end of the cycle inhibits leaf gas exchange, extraction of nutrients, plant growth and crop yield, while the strategies of irrigation with saline water in the final phase of the crop cycle (flowering and fruiting) and cyclically not negatively affect these variables. Further, these strategies allow a saving 34-47% water of low salinity used for irrigation. There was accumulation of salts in the soil for the cultivation of cowpea of the treatments which used water of high salinity. However, the use of strategies for managing the application of alternating high and low water salinity crop cycle and application of the salt water only in the final stage reduced the impact on soil. The irrigation water of low salinity (0.5 dS m^{-1}) promoted excessive leaching of salts in the soil at the end of sunflower cultivation, but the amount of rainfall before seeding was not sufficient to completely eliminate the residual effect of salinity in the crop.

Keywords: Salinity. Irrigation. Desalination waste. Sustainability. *Vigna unguiculata*. *Helianthus Annuus*.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 3

Figura 3.1 - Imagem por satélite da área experimental do setor de irrigação da FEVC-UFC. A área experimental corresponde ao quadrado com linhas pontilhadas amarelas.	73
Figura 3.2 - Dessalinizador da Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE.....	74
Figura 3.3 - Gradagem realizada na área experimental, Pentecoste-CE	77
Figura 3.4 - Sistema de irrigação por gotejamento; das bombas centrifugas de $\frac{3}{4}$ e 2 cv; e das caixas de 2000 e 5000 L na área experimental, Pentecoste-CE	78
Figura 3.5 - Adubação e desbaste do feijão-de-corda irrigado com água salina em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	79
Figura 3.6 - Medição das trocas gasosas do feijão-de-corda aos 15 e 30 DAP, em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	80
Figura 3.7 - Coleta de plantas e pesagem de feijão-de-corda irrigadas com água salina ao final do ciclo em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	81
Figura 3.8 - Adubação do girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE.....	82
Figura 3.9 - Medição das trocas gasosas foliares de plantas de girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE.....	83
Figura 3.10 - Medição da altura da planta, do diâmetro do caule, diâmetro do interno capítulo e diâmetro externo do capítulo de plantas de girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	84
Figura 3.11 - Plantas de girassol ao final do ciclo, antes da coleta e plantas sendo coletadas, em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	85

Figura 3.12 - Medição da condutividade elétrica do solo durante o experimento com feijão-de-corda e girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	86
Figura 3.13 - Taxa de fotossíntese líquida e taxa de transpiração, em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos.....	90
Figura 3.14 - Produtividade de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	96
Figura 3.15 - Altura de plantas, diâmetro do caule, diâmetro interno do capítulo e diâmetro externo do capítulo de plantas de girassol aos 63 dias após o plantio	106

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Umidade e condutividade elétrica do solo com o uso do sensor no experimento com feijão-de-corda, na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE	116
Figura 4.2 - Condutividade elétrica do solo média aos 15, 30, 45 e 60 DAP, medida na profundidade de 10 cm, no experimento de campo com plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos	119
Figura 4.3 - Teor de umidade médio do solo obtido aos 15, 30, 45 e 60 DAP, na profundidade de 10 cm, no experimento de campo com plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos	120
Figura 4.4 - Condutividade elétrica média do solo obtida aos 15, 30, 45 e 60 DAP, profundidade de 10 cm, no tratamento em que foi utilizada água do canal ou água com CEa de 5,0 dS m ⁻¹	121
Figura 4.5 - Condutividade elétrica do solo medida aos 60 DAP nos tratamentos T1, T4, T7, T10 e T13 em diferentes posições em relação à planta, na profundidade de 10 cm.....	122

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1.1 - Estimativa global de salinização secundária de áreas irrigadas no mundo	23
Tabela 1.2 - Efeito do uso cíclico de água salina e água do canal na produtividade de grãos de trigo, milho e sorgo	31
Tabela 1.3 - Produtividade do feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento ao longo do ciclo	33

CAPITULO 2

Tabela 2.1 - Composição da população das localidades e das pessoas entrevistadas	51
Tabela 2.2 - Situação dos dessalinizadores de Pentecoste-CE	53
Tabela 2.3 - Características físico-químicas de amostras de água de poço, dessalinizada e rejeito, coletadas em diversas localidades de Pentecoste – CE	54
Tabela 2.4 - Custo pela manutenção dos dessalinizadores, quantidade de água que as famílias têm acesso por dia, água dessalinizada gerada por dia e quantidade de rejeito produzido diariamente nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE	55
Tabela 2.5 - Destino dado ao rejeito do dessalinizador e nível de informação dos moradores sobre efeitos do rejeito para o homem e meio ambiente, nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE.....	56
Tabela 2.6 - Diferentes fontes e usos de água nas localidades de Macacos, Barra do Leme e Capivara, Pentecoste – CE	58
Tabela 2.7 - Diferentes fontes e usos de água nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE	60

CAPITULO 3

Tabela 3.1 - Média de temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, evaporação do tanque classe A e precipitação obtidos no período de setembro de 2011 a junho de 2012.....	71
Tabela 3.2 - Atributos físico-químicos da água do canal, e salina utilizadas no experimento com feijão-de-corda.....	73

Tabela 3.3 - Condutividade elétrica do solo na profundidade de 10 cm de um Neossolo Flúvico (aluvião) de textura média após o cultivo do feijão-de-corda (novembro de 2011) e após o cultivo do girassol (junho 2012).....	84
Tabela 3.4 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida, taxa de transpiração, e eficiência de uso de água momentânea e intrínseca obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas	86
Tabela 3.5 - Condutância estomática, em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função da época de medição.....	91
Tabela 3.6 - Eficiência de uso da água momentânea em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função da época de medição	92
Tabela 3.7 - Condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida e taxa de transpiração em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda, irrigadas com água salina, em função da época de medição.....	92
Tabela 3.8 - Resumo da análise de variância dos efeitos dos tratamentos e bloco e o coeficiente de variação para a matéria seca de folhas, de hastes, vegetativa, de casca, de grãos, reprodutiva, e total e a produtividade de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	90
Tabela 3.9 - Matéria seca de folhas, de hastes, de casca, de grãos e total de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	91
Tabela 3.10 – Resumo da análise de variância para o número de vagens por planta, tamanho da vagem e total de matéria seca de grãos por planta em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	94
Tabela 3.11 - Número de vagens por planta, tamanho da vagem em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	94
Tabela 3.12 – Resumo da análise de variância para a partição de matéria seca de folha, de haste e de casca e o índice de colheita em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	95
Tabela 3.13 - Partição de matéria seca de folha, de haste e de casca e o índice de colheita em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	96
Tabela 3.14 - Contribuição das águas de poço e salina para a lâmina total de irrigação dos diferentes tratamentos em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	100

Tabela 3.15 - Matéria seca total, matéria seca de grãos e eficiência no uso da água considerando a produção de matéria seca total e a produção de grãos ao final do ciclo de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	101
Tabela 3.16 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida, taxa de transpiração, eficiência de uso de água momentânea e eficiência de uso de água intrínseca em folhas de plantas de girassol.....	102
Tabela 3.17 - Condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida, taxa de transpiração eficiência de uso de água momentânea e eficiência de uso de água intrínseca em folhas de plantas de girassol aos 60 DAP	100
Tabela 3.18 – Resumo da análise de variância para altura de planta, diâmetro do caule, diâmetro interno do capítulo e diâmetro externo do capítulo, matéria seca vegetativa, peso de 1000 aquênios e produtividade em plantas de girassol.....	101
Tabela 3.19 - Matéria seca vegetativa, peso de 1000 grãos e produtividade de plantas de girassol....	105

CAPITULO 4

Tabela 4.1 - Resumo da análise de variância para os teores de elementos minerais na parte vegetativa e reprodutiva de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	124
Tabela 4.2 - Teores de elementos minerais nas partes vegetativas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	126
Tabela 4.3 - Teores de elementos minerais na parte reprodutiva de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	129
Tabela 4.4 - Resumo da análise de variância para o conteúdo de elementos minerais, em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento.....	130
Tabela 4.5 - Quantidades extraídas de elementos minerais em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	132
Tabela 4.6 - Resumo da análise de variância para a distribuição de elementos minerais de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	133
Tabela 4.7 - Distribuição de P, K, Ca e Mg, nas partes vegetativa e reprodutiva de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	136

Tabela 4.8 - Distribuição de Na e Cl, nas partes vegetativa e reprodutiva de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	136
Tabela 4.9 - Distribuição de Fe e Mn, na parte vegetativa de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	136
Tabela 4.10 - Distribuição de Cu e Zn, na parte vegetativa de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	137
Tabela 4.11 - Resumo da análise de variância para a eficiência de utilização de nutrientes considerando a produção de matéria seca total de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	138
Tabela 4.12 - Eficiência de utilização de nutrientes considerando a produção de matéria seca total e Eficiência de utilização de nutrientes, em kg de grãos produzidos/kg de nutriente extraído de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina	139

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO GERAL	20
CAPÍTULO 1 - Fontes de água salina e estratégias de uso na agricultura.....	23
1.1 O problema da salinidade no mundo e no Brasil	23
1.2 Fontes de água salina e possibilidades de uso para irrigação.....	25
1.3 Estratégias para uso de água salina na agricultura irrigada.....	26
1.3.1 Utilização de culturas tolerantes à salinidade (Halófitas e glicófitas)	27
1.3.2 Rotação cultural.....	29
1.3.3 Mistura de água, uso cíclico de água salina e durante a fase tolerante da cultura.....	30
1.3.4 Cultivos adensados	33
1.3.5 Drenagem agrícola e lixiviação dos sais	35
1.3.6 Aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos.....	36
1.3.7 Estratégias que favorecem a aquisição de nutrição pelas plantas em condições salinas	37
1.4 REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2 - Aspectos técnicos e socioeconômicos relacionados ao uso de equipamentos de dessalinização nas comunidades rurais de Pentecoste, Ceará.....	47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
2.1 INTRODUÇÃO	49
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	51
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
2.4 CONCLUSÕES.....	61
2.5 REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 3: Trocas gasosas, crescimento e produtividade em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girassol sob diferentes estratégias de irrigação com água salina	65

RESUMO	65
ABSTRACT	66
3.1 INTRODUÇÃO	67
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	70
3.2.1 Localização da área	70
3.2.2 Cultivo do feijão-de-corda na estação seca	72
3.2.3 Material vegetal.....	72
3.2.4 Delineamento experimental e tratamentos	72
3.2.5 Preparo da área e instalação do sistema de irrigação	74
3.2.6 Manejo da irrigação.....	75
3.2.7 Adubação e demais tratos culturais	76
3.2.8 Trocas gasosas foliares.....	77
3.2.9 Avaliação de crescimento e produtividade.....	77
3.2.10 Eficiência no uso da água.....	78
3.2.11 Cultivo do Girassol na estação chuvosa.....	78
3.2.11.1 Material vegetal.....	78
3.2.11.2 Adubação e demais tratos culturais	79
3.2.11.3 Irrigação suplementar	79
3.2.11.4 Trocas gasosas foliares.....	80
3.2.11.5 Avaliação de crescimento e produtividade.....	80
3.2.12 Condutividade elétrica do solo.....	83
3.2.13 Análises estatísticas.....	83
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.3.1 Condutividade elétrica do solo.....	84
3.3.2 Cultivo do feijão-de-corda na estação seca	85
3.3.2.1 Trocas gasosas foliares.....	85
3.3.2.2 Crescimento e produtividade.....	90
3.3.2.3 Eficiência no uso da água.....	96
3.3.3 Cultivo do girassol na estação chuvosa.....	99
3.3.3.1 Trocas gasosas foliares.....	99
3.3.3.2 Crescimento e produtividade.....	99
3.4 CONCLUSÕES.....	106
3.5 REFERÊNCIAS	107

CAPÍTULO 4: Acúmulo de sais no solo e extração de elementos minerais em plantas de		
	feijão-de-corda sob diferentes manejos de irrigação com água salina.....	112
RESUMO		112
ABSTRACT		113
4.1	INTRODUÇÃO	114
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	116
4.2.7	Umidade e condutividade elétrica do solo	116
4.2.8	Teores e totais extraídos de elementos minerais do feijão-de-corda.....	117
4.2.9	Eficiências no uso de nutrientes	117
4.2.10	Análises estatísticas.....	117
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	118
4.3.1	Teor de umidade e acúmulo de sais no solo.....	118
4.3.2	Teores de minerais nas plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....	123
4.3.3	Extração de minerais do solo	130
4.3.4	Distribuição de elementos minerais e eficiência de utilização de nutrientes	133
4.4	CONCLUSÕES.....	140
4.5	REFERÊNCIAS	141

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população mundial e a crescente demanda de água para atender o consumo das famílias e os demais setores da economia, têm despertado as sociedades para o aproveitamento de fontes alternativas ou águas de qualidade inferior, tais como as águas salinas e residuárias. A utilização de fontes de águas, particularmente no caso da agricultura irrigada, depende de estratégias de longo prazo que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas, permitindo a obtenção de colheitas rentáveis sem que ocorra degradação do solo (MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; OSTER *et al.*, 2012).

Nas comunidades rurais do Nordeste brasileiro a utilização de águas subterrâneas de poços tubulares é uma alternativa ao abastecimento d'água. No entanto, há uma grande limitação na utilização desses poços para enfrentamento da escassez hídrica, que é o elevado teor de sais dissolvidos (SILVA; ARAÚJO; SOUZA, 2007; SANTOS *et al.*, 2011). A este respeito, o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, relata que cerca de 50% dos poços perfurados apresentam salinidade elevada (CPRM, 1997 *apud* MEDEIROS *et al.*, 2011).

O uso de dessalinizadores tem despertado grande interesse como alternativa para tornar potável a água salina dos poços. No semiárido brasileiro, mais de 3 mil dessalinizadores de osmose reversa estão em funcionamento, com a função de transformar a água salobra de poços e açudes em água potável. Segundo a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) foram construídos cerca de 4.500 poços em comunidades de todo o Ceará, em seus 184 municípios. Ao todo, a SOHIDRA já instalou um total de 450 dessalinizadores em 87 municípios (SOHIDRA, 2011; SOHIDRA, 2012). No entanto, a produção do rejeito pode contaminar o lençol freático e gerar sérios impactos ambientais no solo.

A utilização de águas de elevadas salinidade na irrigação pode reduzir a produtividade das culturas, e a intensidade desse efeito depende de muitos fatores, dentre eles destacam-se: a espécie vegetal, a cultivar e o estágio fenológico, a composição salina do meio, a intensidade e a duração do estresse, bem como das condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação (YEO, 1999; GHEYI; CORREIA; FERNANDES, 2005). Em termos de manejo de irrigação tem sido verificado que a utilização de algumas técnicas, tais como, o uso de água salina apenas nos estádios de maior tolerância, a mistura de fontes de água e o uso cíclico de água de qualidades diferentes, associadas com rotações de culturas, pode contribuir para reduzir a utilização de água de melhor qualidade e do próprio acúmulo de sais no solo,

limitando os impactos ao ambiente e ao desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento na eficiência do uso de água de boa qualidade (MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; OSTER *et al.*, 2012; BARBOSA, 2010).

Neves *et al.* (2010) e Lacerda *et al.* (2009) avaliaram o efeito da irrigação com água salina aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda e verificaram que a aplicação de água salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo e durante a germinação e estágio inicial de crescimento provocou reduções significativas no número de vagens e na produção de sementes por planta. Por outro lado, a irrigação com água salina dos 23 aos 42 e dos 43 aos 62 dias após o plantio não afetou o crescimento e a produtividade da cultura. Esses resultados mostraram que a estratégia de uso de água salina na irrigação do feijão-de-corda, especialmente na fase de floração e frutificação, pode contribuir para obtenção de colheitas rentáveis e para reduzir o consumo de água de boa qualidade, devendo-se levar em consideração a maior sensibilidade da cultura na fase inicial do seu desenvolvimento.

O uso da rotação cultural favorece a diversificação de produtos nas propriedades agrícolas. O girassol, a soja, o milho, o arroz, o sorgo, o algodão e o feijão, ou pastagens são culturas amplamente utilizadas nos sistemas de rotação de culturas. Essa técnica de cultivo também tem sido utilizada em cultivos irrigados com águas salinas (MURTAZA, GHAFOR; QADIR, 2006), sendo uma estratégia promissora para culturas anuais, principalmente para solos de boa drenagem ou que esteja associada a outras estratégias que favoreçam a lixiviação (LACERDA *et al.*, 2010).

Murtaza, Ghafoor e Qadir (2006) estudaram durante três anos (2001, 2002 e 2003), em experimento de campo no Paquistão, a aplicação de água salina-sódica (CEa de $3,32 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo ciclo e de forma alternada com água de boa qualidade (CEa de $0,26 \text{ dS m}^{-1}$) ao longo do ciclo, em conjunto com uso de gesso, esterco bovino e rotação cultural algodão/trigo. Nesse trabalho verificou-se que as produtividades do trigo e algodão foram significativamente menores quando se utilizou água salina-sódica durante todo o ciclo, em relação aos demais tratamentos, indicando impactos negativos da salinidade da água, quando usada sem um manejo adequado do solo ou da irrigação. Esses impactos negativos na produtividade se correlacionaram com o maior acúmulo de sais no solo e maior razão de adsorção de sódio (RAS) nesse tratamento. A aplicação de água salina-sódica juntamente com o esterco aumentou significativamente a taxa de infiltração de água no solo. Neste caso, o benefício máximo foi obtido quando se utilizou o tratamento com uso cíclico seguido pelos tratamentos em que se aplicou água salina em conjunto com esterco e gesso.

Bezerra *et al.* (2010), estudaram a rotação cultural do feijão caupi/milho utilizando-se águas de diferentes salinidades (0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹) para avaliar as alterações nas propriedades químicas do solo e no crescimento e na produtividade dessas culturas. Nas plantas de feijão caupi do tratamento irrigado com condutividade elétrica a partir de 2,2 dS m⁻¹, houve uma redução significativa, ao nível de 5%, da matéria seca de folha, haste, vagem e da parte aérea. Durante o cultivo do milho houve elevado valor de precipitação (1248,5 mm). As produtividades do milho foram de 5212, 5181, 5093 e 5350 kg ha⁻¹ para os tratamentos com 0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ respectivamente. Estes resultados mostram que é viável o sistema de rotação de culturas nas condições edafoclimáticas da região, porém estudos de longo prazo são necessários.

Com base no exposto, objetivou-se com o presente trabalho realizar uma avaliação preliminar sobre a situação dos dessalinizadores instalados pelo Governo do Estado do Ceará na região de Pentecoste, Ceará, e, em seguida, avaliar estratégias de manejo da irrigação (uso cíclico de água salina, mistura de águas de diferentes salinidades e utilização apenas nos estádios de maior tolerância da cultura) e o sistema de rotação de culturas feijão-de-corda/girassol, visando o uso sustentável de água salina na agricultura irrigada.

CAPÍTULO 1: Fontes de água salina e estratégias de uso na agricultura

1.1. O problema da salinidade no mundo e no Brasil

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita a produção agrícola em razão de seus efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento vegetal. Estima-se que 19,5% das áreas irrigadas em todo o mundo, o que corresponde a 45 milhões de hectares, enfrentem problemas devido à salinidade sendo que 40% destas estão localizadas em regiões áridas e semiáridas (CARVALHO, 2012). Dentre os países, os Estados Unidos têm uma área cultivada de 189,91 milhões de hectares, sendo 18,1 milhões de hectares irrigados e deste total, 23% estão salinizadas. A Índia tem a segunda maior área cultivada com 168,99 milhões de hectares, com 42,1 milhões de hectares irrigados com 16,6% salinizadas (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Estimativa global de salinização secundária de áreas irrigadas no mundo

Local	Área cultivada (10 ⁶ ha)	Área irrigada (10 ⁶ ha)	Terras afetadas por sais em áreas irrigadas (10 ⁶ ha)	Percentagem áreas irrigadas afetadas por sais (%)
China	96,97	44,83	6,70	15,0
Índia	168,99	42,1	7,00	16,6
Estados Unidos	189,91	18,10	4,16	23,0
Paquistão	20,76	16,08	4,22	26,2
Iran	14,83	5,74	1,72	30,0
Tailândia	20,05	4,0	0,40	10,0
Egito	2,69	2,69	0,88	33,0
Austrália	47,11	1,83	0,16	8,70
Argentina	35,75	1,72	0,58	33,7
África do Sul	13,17	1,13	0,10	8,90
Sub-total	610,23	138,22	25,92	20,5
Mundo	1.473,70	227,11	45,40	20,0

Fonte: Central Soil Salinity Research Institute (2004)

No Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares são afetados pela presença de sais (salinização por fatores naturais e salinização induzida por irrigação). A salinidade abrange 2% das terras brasileiras e compreende sete Estados. Solos salinos e sódicos ocorrem, principalmente, no Rio Grande do Sul, no Pantanal Mato-grossense e na região semiárida do

Nordeste (FAGERIA; SOARES FILHO; GHEYI, 2010; RIBEIRO, 2010).

A região Nordeste, com o constante aumento da população e a pressão econômica pela produção de alimentos, aumentou a área em que os solos encontram-se degradados por salinidade e sodicidade (RIBEIRO, 2010). Este mesmo autor relata que 91.000 km² de solos na região Nordeste se encontram afetados pela salinidade. A maior área de solos comprometidos pela salinidade no semiárido nordestino está localizada no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Ceará que representa 25,5% da área total do País (FAGERIA; SOARES FILHO; GHEYI, 2010).

Segundo Cavalcante *et al.* (2012) no mundo, o uso pouco eficiente da água para produção de alimentos transformou, pelo acúmulo de sais, extensas áreas antes produtivas em terras devolutas e sem nenhum valor produtivo. As regiões semiáridas do Nordeste brasileiro se assemelham à situação descrita acima. Nas áreas irrigadas dos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte, mais de 35% apresentam declínio de rendimento promovido pela salinidade oriunda, em maior parte da irrigação.

Embora não existam levantamentos detalhados e precisos do problema de salinidade nos diversos perímetros irrigados do Nordeste, de acordo com o DNOCS, nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, em média, 12% da superfície agrícola útil foram desativadas e 7,6% estão salinizadas, sendo que, nos Perímetros irrigados de Sumé, São Gonçalo, Vaza-Barris e Jacurici, a percentagem de área salinizada é superior a 20% (GHEYI, 2000; BEZERRA, 2006). Um levantamento feito em 1991 nas áreas irrigadas administradas pelo DNOCS revelou que dos 26 perímetros irrigados, apenas 3 não tinham problemas de salinidade. A percentagem de áreas salinizadas variou entre 2,7% no Quixabinha – CE a 30,1% no Sumé – PB. Além disto, este levantamento mostrou que cerca de 12% da superfície agrícola útil havia sido desativada (BUKOVINSZKY *et al.*, 1992 *apud* LACERDA, 1995).

Dentre as causas da salinização destas áreas destacam-se o manejo inadequado da irrigação, a deficiência ou inexistência do sistema de drenagem e a qualidade da água utilizada na irrigação. A expansão das áreas irrigadas em terras marginais, o uso de águas salinas na irrigação, o manejo inadequado da água e do solo e a ausência de drenagem, levam a grandes prejuízos para a economia regional e o abandono destas áreas.

1.2. Fontes de água salina e possibilidades de uso para irrigação

Atualmente, existe grande preocupação a respeito do uso da água, não somente no tocante a quantidade disponível para uso nos diversos setores da sociedade, mas principalmente no que tange à qualidade dessas águas (SINGH; GUPTA, 2009).

A agricultura irrigada é conhecida como a maior usuária de água doce no mundo, sendo responsável por 69% do consumo (PIRES *et al.*, 2008). Diante disso, surge o desafio de desenvolver estratégias para produzir alimentos com economia de água e produzir com águas de qualidade inferior, sem afetar o solo e o meio ambiente como um todo. A necessidade de uso de água de qualidade inferior na irrigação vem do requerimento progressivo e elevado de água boa pela irrigação, quando este recurso é limitado. Essa situação tem levado ao reuso e reciclagem da água na agricultura, em muitas regiões do mundo (MALASH; FLOWERS; RAGAB, 2005; 2008; BAO; LI, 2010; SANTOS *et al.*, 2012).

Dentre as águas de menor qualidade que podem ser utilizadas na irrigação podemos citar: água do mar, água subterrânea, água de rejeito de dessalinizadores e águas residuárias. O sucesso do reuso de águas salinas requer a seleção de culturas tolerantes à salinidade; desenvolvimento de estratégias de manejo adequadas e da escolha do sistema de irrigação mais apropriado. A água para irrigação pode ser constituída da mistura de água salina e água doce ou mesmo da água salina sem mistura, porém aplicada durante as fases de maior tolerância da cultura (GAWAD *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2007; CHAUHAN; SINGH; GUPTA, 2008; MALASH; FLOWERS; RAGAB, 2008; SEGAL *et al.*, 2010; MORALES-GARCIA *et al.*, 2011).

No caso de regiões áridas e semiáridas são utilizadas águas de qualidade inferior para suprir a demanda hídrica de muitas comunidades e para uso na irrigação. Essas águas são obtidas de poços tubulares que possuem, em sua maioria, água salobra ou salina e apresentam teores de sais acima do nível aceitável de potabilidade, devido ao fato das regiões semiáridas brasileiras, particularmente aquelas localizadas no Estado do Ceará, estarem localizadas no embasamento cristalino, cujas águas têm sua composição de sais alterada pela intemperização das rochas (MATOS *et al.*, 2000; CAMPOS, 2007).

Atualmente o semiárido brasileiro possui um elevado número de poços tubulares, com cerca de 70.000 poços perfurados, sendo que nos casos dos poços com água salobra a utilização desse recurso natural através da utilização de dessalinizadores pode contribuir para resolver o problema da falta de água para consumo humano. A dessalinização surge como um

processo que gera água de boa qualidade para o consumo humano que utiliza esses tipos de poços. Apesar dos benefícios do processo, a dessalinização gera grande quantidade de rejeito que representam de 40 a 60% da água processada e apresentam salinidade muito superior a da água captada antes do processo (AZEVEDO *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011).

O uso crescente de equipamentos de dessalinização de água salina pelo processo de osmose reversa na região do semiárido brasileiro poderá trazer impactos ambientais severos devido ao rejeito produzido, que é composto de água com elevados teores de sais (PORTO; AMORIM; SILVA JÚNIOR, 2001). Considerando-se o número de dessalinizadores no Estado do Ceará, estimado em 450 equipamentos, atendendo 87 municípios de acordo com a SOHIDRA (2011), grande volume de rejeito está sendo gerado, e quase que na totalidade dos casos, o rejeito não vem recebendo nenhum tratamento, sendo despejado no solo, promovendo o acúmulo de sais.

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais e de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos. Uma das fontes hídricas cada vez mais populares para uso na produção agrícola são as águas residuárias, tratadas ou não tratadas. Essas águas são fontes de matéria orgânica e de vários outros nutrientes e estão disponíveis em grande volume o ano todo, devido ao crescimento acelerado dos centros urbanos. No que concerne às discussões relacionadas ao uso destas águas podem ser citados vários problemas, tais como: problemas públicos, se o tratamento for inapropriado; se tem potencial para contaminação química (sais, nitrato, sódio, fósforo, etc.) de águas superficiais ou subterrâneas; constituintes solúveis que podem causar toxicidade às plantas, permanecer no solo ou serem lixiviados para as águas subterrâneas.

1.3. Estratégias para uso de água salina na agricultura irrigada

A salinidade afeta as culturas pela redução do potencial osmótico do solo, restringindo a disponibilidade de água, além de provocar acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo causar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos. Quanto mais salino for um solo, maior será a energia gasta pela planta para absorver água e os demais elementos vitais, pela toxidez de determinados elementos, principalmente o sódio, o boro, os bicarbonatos e cloretos, que em concentrações elevadas causam distúrbios

fisiológicos às plantas, afetando o rendimento e a qualidade da produção; pelo efeito nutricional, no qual o excesso de um íon inibe a absorção de outros íons, por exemplo, quando a concentração de Na^+ e Cl^- no solo é alta, a absorção de nutrientes minerais, especialmente NO_3^- , K^+ e Ca^{2+} é quase sempre reduzida (TRINDADE *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2009; DIAS; BLANCO, 2010; NOBRE *et al.*, 2010).

O grau de severidade com que cada um desses componentes influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas é dependente de muitos fatores, dentre eles, pode-se citar: a espécie ou cultivar vegetal, o estágio fenológico, a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse, bem como, as condições edafoclimáticas e o manejo da irrigação (YEO, 1999; SILVA *et al.*, 2003; GHEYI, CORREIA; FERNANDES, 2005). De acordo com Larcher (2000), a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta em superar o estresse salino, pois os processos de crescimento são particularmente sensíveis à salinidade. O conhecimento dos mecanismos de tolerância das plantas que não afetam significativamente seus rendimentos pode favorecer a utilização de águas salinas, que são comuns na Região Nordeste do Brasil (NOBRE *et al.*, 2010).

A utilização de águas salinas e salobras na irrigação é possível, desde que seu uso esteja associado a técnicas de manejo, tais como: seleção de culturas ou variedades tolerantes a salinidade; seleção dos métodos de irrigação que reduzam a aplicação direta da água salina na cultura; aplicação de água além da necessidade da cultura, de modo a favorecer a lixiviação do excesso de sais da zona radicular; irrigação com água salina em conjunto com água doce durante todo ciclo ou de forma alternada; além de diversas intervenções agronômicas (BAHRI, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2009; MUYEN; MOORE; WRIGLEY, 2011; PEREIRA *et al.*, 2011). A seguir serão discutidas algumas destas estratégias.

1.3.1. Utilização de culturas tolerantes à salinidade (halófitas e glicófitas)

As espécies vegetais podem ser agrupadas em halófitas e glicófitas em relação às suas respostas a salinidade. As halófitas são espécies nativas de ambientes salinos, enquanto que as glicófitas ou não halófitas compreendem a maioria das espécies cultivadas, que sofrem reduções no crescimento e produtividade mesmo em níveis baixos de sais (GREENWAY; MUNNS, 1980; WILLADINO; CÂMARA, 2010). O incremento da tolerância à salinidade em plantas sensíveis, as glicófitas, e a domesticação de espécies silvestres tolerantes, as halófitas, são fundamentais para favorecer o crescimento das culturas em ambientes salinos.

No entanto, a maioria das plantas cultivadas, entretanto, são glicófitas. O efeito da salinidade do solo para a produção agrícola é enorme, podendo gerar importantes perdas na agricultura (WILLADINO; CÂMARA, 2010). Nas plantas cultivadas o nível máximo de tolerância à salinidade na zona radicular das culturas sem que ocorra danos ao desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade das culturas é denominado de salinidade limiar, em que o rendimento é 100%. A partir da salinidade limiar, o crescimento diminui linearmente com o aumento da salinidade do solo (MAAS; HOFFMAN, 1977).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), os valores de salinidade limiar (do solo e da água) e as taxas de decréscimo no rendimento das culturas tornam possível classificar as diferentes espécies cultivadas de acordo com o seu grau de tolerância à salinidade. Entre as mais sensíveis encontram-se, principalmente as hortaliças e algumas árvores frutíferas, como a laranjeira e o abacateiro. O algodão e a cevada estão entre as mais tolerantes. No entanto, muitos dos dados de classificação de tolerância relativa à salinidade foram obtidos em condições climáticas diferentes daquelas observadas no semiárido brasileiro e utilizando-se genótipos diferentes (LACERDA *et al.*, 2010).

Além das variações na tolerância relativa das culturas, também podemos encontrar variações na tolerância absoluta, sendo que esta última varia com as condições climáticas, com o solo, além de diversas práticas de cultivo (MEDEIROS *et al.*, 2009). Uma cultivar ou espécie poderá apresentar maior crescimento e produtividade para um mesmo nível de salinidade desde que as condições de cultivo sejam favoráveis ao seu desenvolvimento. Por exemplo, quando as plantas estão crescendo em ambiente com alta umidade relativa do ar o efeito da salinidade no crescimento é atenuado. Outro aspecto que se deve considerar é o estabelecimento do estande, devendo-se buscar minimizar os impactos da salinidade nessa fase e garantir um estande composto de plantas vigorosas capazes de enfrentar o estresse salino (MELO *et al.*, 2006).

Em algumas áreas, o cultivo de glicófitas é inviável, particularmente onde somente águas salinas são disponíveis, onde há rejeitos de dessalinizadores ou quando o lençol freático é salino e raso e a permeabilidade do solo é baixa. Nestes casos, práticas culturais como aração profunda e subsolagem podem ser recomendadas. Em outras circunstâncias a melhor opção é a utilização de espécies altamente tolerantes, as halófitas.

As halófitas apresentam a habilidade de extrair sais do solo devido a suas altas taxas de absorção e acumulação de sais nos tecidos, sobretudo na parte aérea. De acordo com Freire, Souza e Freire (2010) a fitorremediação é uma eficiente estratégia de recuperação de solos salinos e sódicos tanto pela remoção de quantidades consideráveis de sais, quanto pela

melhoria da estruturação do solo e incremento da atividade biológica quando as plantas são introduzidas em áreas sem cobertura vegetal. Experimentos realizados com a espécie *Atriplex nummularia*, forrageira de boa aceitabilidade pelo gado, registraram taxas de absorção de sais de, aproximadamente, $1,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, quando as mesmas foram cultivadas com rejeitos de dessalinizadores no Nordeste brasileiro (PORTO; AMORIM; SILVA JÚNIOR, 2001).

Silva, Vieira e Oliveira (2008) avaliaram o efeito da irrigação com rejeito da dessalinização, oriundo de tanques de produção de tilápia-rosa, sobre as propriedades químicas e microbiológicas de solos cultivados com erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.). De acordo com estes autores, a presença da *Atriplex nummularia* melhora a fertilidade do solo com reflexo nos teores de carbono, fósforo e nitrogênio e melhora a qualidade biológica do solo. SOUZA *et al.* (2012) verificaram que a alta produtividade da matéria seca da *Atriplex nummularia* indica o potencial uso desta halófito para restauração de solos afetados por sais.

1.3.2. Rotação cultural

O uso da rotação de culturas na agricultura, prática que consiste em alternar anualmente espécies vegetais numa mesma área agrícola, é uma prática bastante interessante do ponto de vista conservacionista e econômico. Ela se estabelece pelo plantio sequenciado de espécies com diferentes tipos de sistema radicular e diferentes exigências nutricionais na busca de garantir a cobertura vegetal permanente do terreno, adicionar ao solo material orgânico, nitrogênio e garantir a redução da emissão de CO_2 e N_2O , principalmente quando a rotação é realizada com espécies leguminosas, além de reduzir perdas de nutrientes por lixiviação e melhorar a qualidade física e química do solo (SIQUEIRA NETO *et al.*, 2009; SEGAL *et al.*, 2010; CORREIA; LEITE; DANIEL, 2011; PACHECO *et al.*, 2011).

A rotação de culturas também tem implicações positivas sobre a ocorrência de plantas espontâneas, a aspectos fitossanitários como o aumento do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em áreas salinas e até redução da salinidade do solo quando a rotação é realizada com culturas extratoras de sais, favorecendo assim o crescimento vegetal e a produtividade da cultura principal (BEZERRA *et al.*, 2010; CORREIA; LEITE; DANIEL, 2011; ABDEL-FATTAH; ASRAR, 2012).

No caso do uso da rotação de culturas em áreas salinas ou onde se faz uso de águas com elevada salinidade na irrigação, recomenda-se o cultivo das culturas mais tolerantes durante a época seca, haja vista a baixa qualidade da água e maior limitação de água de melhor qualidade nesse período. O cultivo de culturas mais sensíveis é recomendado

na estação chuvosa, devido a disponibilidade de água de boa qualidade proveniente das precipitações do período (CENTRAL..., 2004; BAO; LI, 2010; KANG; CHEN; WAN, 2010).

Com essa prática, em regiões semiáridas pode-se obter produção de forragem ou de grãos o ano inteiro, utilizando águas salinas na estação seca e água de chuva na estação úmida, sem alterar significativamente o ambiente (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000; VIEIRA, 2006; MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006). O acúmulo de sais durante a irrigação de culturas na estação seca pode ser revertido, total ou parcialmente, durante o período chuvoso, sendo que esse processo de lavagem dependerá do total de precipitação anual, da intensidade das precipitações e das características físicas do solo (SHARMA; RAO, 1998; ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007; BEZERRA *et al.*, 2010; LACERDA *et al.*, 2011a; 2011b).

1.3.3. Mistura de água, uso cíclico de água salina e durante a fase tolerante da cultura

De acordo com Central Soil Salinity Research Institute (2004), o uso cíclico, também conhecido como modo de aplicação rotacional de água na irrigação, facilita a efetiva utilização conjunta das águas doce e salina. Uma grande vantagem da estratégia de uso cíclico é que as condições de estado estacionário de salinidade no perfil do solo não são alcançadas. Isso se deve ao fato de que a qualidade da água de irrigação muda ao longo do tempo. Outra vantagem desta estratégia é que não exige investimentos em estruturas para a mistura de águas de diferentes qualidades.

O Central Soil Salinity Research Institute (2004) realizou experimento com trigo, milho e sorgo utilizando água salina e água do canal em um modo cíclico. A água do canal foi utilizada para a irrigação de pré-semeadura e, posteriormente, quatro irrigações foram aplicadas com água do canal e água de drenagem salina. Durante a estação chuvosa, não foi realizada irrigação para as culturas de milho e sorgo, pois a precipitação atendeu ao requerimento das culturas. Os resultados experimentais de quatro anos de estudo com a rotação cultural de trigo-milho-sorgo indicaram que o uso cíclico de água salina e água do canal em diferentes sequências, pode resultar em boas produtividades (Tabela 1.2). Os resultados também indicam que se a água de boa qualidade está disponível, irrigam-se as culturas nos estádios iniciais (germinação e estabelecimento da plântula) com esta água, quando as culturas são mais sensíveis à salinidade, e usa-se a água de qualidade inferior para as irrigações posteriores, quando as culturas se tornam mais tolerantes à salinidade.

Tabela 1.2 - Efeito do uso cíclico de água salina e água do canal na produtividade de grãos de trigo, milho e sorgo

Modo cíclico	Trigo (t ha⁻¹)	Milho (t ha⁻¹)	Sorgo (t ha⁻¹)
4 x Água do canal	6,1	3,3	43,3
Água do canal : Água salina (Alternada)	5,8	3,2	39,8
Água salina : Água do canal (Alternada)	5,6	3,2	39,5
2 x Água do canal + 2 x água salina	5,7	3,2	40,2
2 x Água salina + 2 x água do canal	5,4	--	39,5
1 x Água do canal + 3 x água salina	5,1	3,1	37,8
4 x Água salina	4,5	2,8	34,1

Fonte: Central Soil Salinity Research Institute (2004)

O estresse pode se manifestar em vários graus de severidade, com duração variável, de modo contínuo ou alternado. Em relação às plantas, a intensidade do estresse vai depender do órgão ou do tecido alvo, do estágio de desenvolvimento da planta e do genótipo em questão. As respostas de muitas espécies vegetais em relação à salinidade pode variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento (MAAS; HOFFMAN, 1977). No entanto, as informações sobre os estágios mais sensíveis e mais tolerantes são desconhecidas para a maioria das culturas, principalmente em condições de campo (SHANNON; GRIEVE, 1999). Para Morales-Garcia *et al.* (2011), o manejo apropriado da água e práticas culturais adequadas, podem reduzir a salinidade do solo e manter a produtividade das culturas. O uso de água salina e não salina pode ser uma abordagem para o manejo da água em muitas áreas ao redor do mundo. Neste contexto, os autores sugerem que a água salina seja usada somente durante o estágio mais tolerante de muitas culturas.

A sensibilidade das culturas é maior nos estágios iniciais de crescimento, sendo que a tolerância torna-se maior durante as fases de floração e frutificação (FAGERIA; SOARES FILHO; GHEYI, 2010). Resultados de experimentos conduzidos em casa de vegetação mostram que o sorgo, o trigo e o feijão-de-corda são mais sensíveis durante o estágio de crescimento vegetativo e no início da fase reprodutiva, menos sensíveis no estágio de floração e insensíveis durante o enchimento de grãos (SHALHEVET; MORRIS; SCROEDER, 1995). Outros trabalhos têm mostrado que os efeitos da salinidade sobre a produção de trigo e de algodão podem ser sensivelmente reduzidos, quando a irrigação com águas salinas é iniciada após o estabelecimento da plântula (MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; CHAUHAN; SINGH, 2008). Desse modo, é possível irrigar muitas culturas

anuais com água salina durante os estádios menos sensíveis e usar água de baixa salinidade no estágio de maior sensibilidade, ou seja, na fase inicial e no período de crescimento vegetativo.

Diversos trabalhos têm mostrado que a tolerância à salinidade em plantas de melão varia de acordo com o estágio de desenvolvimento (BOTÍA *et al.*, 2005; PORTO FILHO *et al.*, 2006), sendo que a aplicação de águas salinas na fase de frutificação pode melhorar a qualidade dos frutos (BOTÍA *et al.*, 2005). Os resultados obtidos por esses últimos autores demonstraram que a aplicação de água salina durante a frutificação não afeta a produção comercial da cultura, sendo observadas melhorias na qualidade dos frutos com incremento no teor de sólidos solúveis totais. De acordo com Rhoades, Kandiah e Mashali (2000) a produção de algodão não é afetada quando se irriga com água salina (6.000 mg L^{-1} de sais dissolvidos) nas fases do ciclo da planta que sejam tolerantes à salinidade e, com água de melhor qualidade (300 mg L^{-1} de sais dissolvidos), nas fases susceptíveis, principalmente as fases de germinação e estabelecimento da cultura. Ainda, segundo esses autores, a rotação de culturas com diferentes graus de tolerâncias e o manejo de águas de diferentes qualidades pode permitir o cultivo por vários anos sem prejuízos ao solo e às produções.

A aplicação de água salina durante todo o ciclo em plantas de feijão-de-corda, cultivar EPACE 10, durante a germinação e estágio inicial de seu crescimento provocou redução na produtividade, enquanto que aplicação de água salina na fase de frutificação resultou em maior economia de água de baixa salinidade, sem afetar a produtividade e a eficiência de utilização de água (Tabela 1.3) (NEVES *et al.*, 2008; LACERDA *et al.*, 2009). Portanto, levando em consideração a maior sensibilidade da cultura na fase inicial do seu desenvolvimento, a estratégia de uso de água de menor salinidade durante os estádios iniciais de desenvolvimento e água de maior salinidade na fase de frutificação do feijão-de-corda pode contribuir para obtenção de colheitas rentáveis e para reduzir o consumo de água de boa qualidade.

Tabela 1.3 - Produtividade do feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento ao longo do ciclo

Descrição dos Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Plantas irrigadas com água de poço, de baixa salinidade (CEa de 0,8 dS m ⁻¹) durante todo o ciclo	1864,5 a*
Água salina com CEa de 5,0 dS m ⁻¹ , com aplicação iniciada após a germinação e permanecendo até o final do ciclo	984,8 b
Água salina com CEa de 5,0 dS m ⁻¹ , da sementeira até 22 dias após o plantio (DAP), correspondendo às fases de germinação e crescimento inicial, e água do poço (CEa de 0,8 dS m ⁻¹) no restante do ciclo	1241,4 b
Água salina com CEa de 5,0 dS m ⁻¹ , aplicada de 23 a 42 DAP (fase de intenso crescimento vegetativo até a pré-floração), e água do poço (CEa de 0,8 dS m ⁻¹) nas demais fases do ciclo	1827,3 a
Água do poço (CEa de 0,8 dS m ⁻¹) da sementeira até 42 dias após o plantio e água salina (CEa de 5,0 dS m ⁻¹) aplicada de 43 – 63 DAP (floração e frutificação).	1877,4 a

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). n = 5
Fonte: Neves *et al.*, (2008) e Lacerda *et al.*, (2009)

Morais *et al.* (2011), trabalhando com a influência da irrigação com água salina nos diferentes estádios de desenvolvimento do girassol em condições de campo, ao avaliar o crescimento e produção da cultura, encontraram que o crescimento não foi influenciado pela irrigação com água salina (CEa de 2,16 e 3,53 dS m⁻¹), independente da fase de desenvolvimento; também não foi observado diferença significativa para os componentes de produção, que não foram influenciados pela salinidade da água. Os resultados indicam que o girassol tolerou água de elevada salinidade na irrigação, sendo possível utilizar água com CE de até 3,53 dS m⁻¹ durante todo ciclo, sem prejuízos ao crescimento das plantas e sem diminuição na produção.

Uma estratégia bastante promissora é a mistura de águas com diferentes salinidades, uma alternativa que pode reduzir a concentração de sais e aumentar o volume de água disponível para irrigação segundo Lacerda, Hernandez e Neves (2010).

1.3.4. Cultivos adensados

O adensamento de cultivos consiste na redução do espaçamento das plantas com vista à otimização da área cultivada, aumento da cobertura do solo e redução da competição com plantas daninhas, dentre outras características (ANDRADE *et al.*, 2008; CARVALHO;

GUZZO, 2008). Dependendo do espaçamento de plantio é possível se observar interferências na utilização de luz, absorção de água e nutrientes ou até modificações fisiológicas em determinadas culturas (DEPARIS, 2006).

Em se tratando de plantas submetidas a estresse salino, o aumento da densidade de plantio é uma alternativa bastante interessante, haja vista, que essas plantas podem apresentar maiores taxas de fotossíntese líquida que plantas irrigadas com águas de baixa salinidade, devido ao tamanho reduzido de suas folhas proporcionar maior exposição destas a radiação em comparação as plantas não estressadas (GOMES, K. *et al.*, 2011).

Estudo desenvolvido por Assis Júnior *et al.* (2007) mostrou que a salinidade reduz mais o crescimento vegetativo do que a produção de feijão-de-corda, sendo que cada planta ocupa uma área menor do que as irrigadas com água de baixa salinidade. Como consequência, de acordo com Lacerda (2009) as plantas sob estresse salino apresentam taxas de fotossíntese maiores que as plantas irrigadas com água de boa qualidade. Isso ocorre devido ao menor sombreamento das plantas sob estresse salino, sugerindo que, nesta condição, seu cultivo pode ser realizado utilizando-se um menor espaçamento.

Em estudo com rotação das culturas feijão-de-corda e milho submetidas a irrigações com águas de baixa e alta salinidade e diferentes densidades de plantio, a fotossíntese das folhas apicais de ambas as culturas foi limitada apenas pelo estresse salino e somente as folhas basais sofreram influência do adensamento (LACERDA *et al.*, 2011a). Nesse mesmo trabalho, os autores concluíram ser possível com o adensamento manter o índice de área foliar e a distribuição da radiação fotossinteticamente ativa com valores apropriados para o processo fotossintético, resultando em aumentos consideráveis na produtividade, eficiência do uso da água e eficiência do uso da radiação.

Mesmo em se tratando de espécies halófitas como a erva-sal, o adensamento pode ser vantajoso. Silva *et al.* (2009) testando diferentes espaçamentos verificaram que a arquitetura das plantas de erva-sal sofreram alterações em função das densidades de plantio, sendo o espaçamento 1x1 m o que proporcionou melhores características estruturais sendo o mais indicado para obtenção de maior produção de biomassa.

Apesar das vantagens do aumento da densidade de plantio das culturas sob estresse salino é importante destacar que, o adensamento pode promover em determinados tipos de solo, o acúmulo de sais nas primeiras camadas do perfil, como resultado do movimento lateral da água (LACERDA *et al.*, 2011b). No caso de sistemas de rotação cultural em que as precipitações não são suficientes para lixiviar os sais, o efeito residual da salinidade em áreas mais adensadas pode provocar redução no rendimento de plantas sensíveis a

salinidade nas fases de germinação e início do crescimento, como no milho (GOMES, K. *et al.*, 2011; LACERDA *et al.*, 2011a).

1.3.5. Drenagem agrícola e lixiviação dos sais

A drenagem agrícola é uma prática que, além de permitir a incorporação de áreas mal drenadas ao processo produtivo, evita que ocorram inundações, encharcamento e salinização de solos, propiciando a retirada do excesso de água no perfil do solo, criando condições de aeração, que permitam o desenvolvimento adequado das culturas, e de execução de operações mecanizadas, como preparo do solo e colheita. Quando de caráter superficial, tem a função de remover o excesso de água da superfície do solo, enquanto que a drenagem subterrânea visa a remoção do excesso de água do perfil do solo, com a finalidade de propiciar aos cultivos condições favoráveis de umidade, aeração, manejo agrícola e de prevenir a salinização ou remover o excesso de sais. Dessa forma a drenagem interna facilita a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, criando condições favoráveis para o aumento e a melhoria da produtividade/qualidade dos produtos. Portanto, a drenagem tem como objetivo possibilitar condições ambientais propícias ao desenvolvimento das plantas, além de preservar as propriedades físicas e químicas do solo (BATISTA *et al.*, 2002, LIMA; FARIAS; BORGES JÚNIOR, 2010).

A drenagem subterrânea tem por finalidade rebaixar o lençol freático através da remoção da água gravitacional localizada nos macroporos do solo, propiciando, em áreas agrícolas, melhores condições para o desenvolvimento das raízes das plantas cultivadas. Em regiões semiáridas e subúmidas evita o encharcamento e também a salinização de solos irrigados. De maneira geral, os projetos de irrigação e drenagem têm sido implantados sem que sejam feitos os estudos necessários da parte relativa à drenagem subterrânea dos solos, o que tem propiciado condições favoráveis ao encharcamento e salinização de grande parte das áreas irrigadas (BATISTA *et al.*, 2002; LIMA; FARIAS; BORGES JÚNIOR, 2010).

A drenagem superficial e a subterrânea são fatores chave para o sucesso do manejo da salinidade. O nivelamento da área é necessário em terras irrigadas para prevenir o acúmulo de água na superfície do solo, além disso, uma aração profunda e subsolagem são necessárias para aumentar a condutividade hidráulica do solo e para prover a infiltração e percolação da água de irrigação. Se a quantidade de sódio é alta, melhoradores, como o gesso, são recomendados para manter a estabilidade da estrutura e a taxa de infiltração do solo.

Em muitos casos, particularmente em solos de boa drenagem, o aparecimento do

período chuvoso pode contribuir significativamente para a lixiviação dos sais e, conseqüente, redução da salinidade do solo. Por outro lado, em solos de pior drenagem pode-se realizar uma aração profunda ou uma subsolagem, que favorece a infiltração de água, diminuindo a salinidade na camada superficial do solo.

A água de drenagem pode ser reutilizada, fato que aumenta a eficiência de aproveitamento da água e reduz os impactos ambientais da agricultura irrigada. O manejo da água de drenagem salina de acordo com Rhoades, Kandiah e Mashali (2000) incluem a interceptação dessa água para ser dessalinizada e reutilizada, uso de lagoas de evaporação, colocá-la em aquíferos profundos e isolados, ou utilizada de forma apropriada.

A irrigação deve ser usada de forma consciente, pois as condições de clima do Nordeste brasileiro, como altas temperaturas, baixa umidade do ar e baixa e irregular pluviosidade, e os sais presentes na água de irrigação têm causado problemas de salinidade nos solos (DIAS *et al.*, 2004; ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO 2010).

Quando se utiliza águas salinas na irrigação, o uso de frações de lixiviação pode também contribuir para reduzir o acúmulo de sais no solo (SHARMA; RAO, 1998; AYERS; WESTCOT, 1999). A fração de lixiviação consiste na lâmina de água que atravessa e percola a zona radicular da cultura. Assis Júnior *et al.* (2007) avaliaram o acúmulo de sais no perfil do solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Os autores verificaram que nos tratamentos 3 e 4, respectivamente com frações de lixiviação de 0,14 e 0,28, ocorreu distribuição mais uniforme dos sais no perfil do solo, enquanto no tratamento 2, sem fração de lixiviação, ocorreu maior acúmulo de sais e de sódio nas camadas superiores. Carvalho J. *et al.* (2012) com o objetivo de avaliar o desempenho da cultura do milho em relação à produção e biometria quando irrigado por gotejamento com água salina e sob diferentes frações de lixiviação em estação lisimétrica de drenagem, concluíram que as variáveis produção de grãos verdes, matéria seca e fresca da parte aérea apresentaram elevados valores quando se utilizou água de 3,3 dS m⁻¹ com a fração de lixiviação de 10%.

1.3.6. Aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos

O cultivo hidropônico consiste na técnica de cultivo sem solo, na qual as plantas são cultivadas em solução nutritiva. A solução nutritiva é preparada com água e fertilizantes, devendo ter pH e concentração de nutrientes adequados para cada cultura. Dentre as vantagens da hidroponia, se tem as maiores eficiências na utilização de água e fertilizantes e o

menor impacto ambiental (SANTOS *et al.*, 2010; COSME *et al.*, 2011; SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2011).

Estudos têm sido desenvolvidos no sentido de avaliar o potencial do aproveitamento de águas salobras de poços profundos e de rejeito de dessalinizadores em cultivos hidropônicos, visando a rentabilidade das culturas (HABER *et al.*, 2005; ALBORNOZ *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2007; DIAS *et al.*, 2011; SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2011). Segundo Maciel *et al.* (2012) utilizando-se águas salinas em hidroponia, espera-se produzir culturas de interesse com maior economia de água e eficiência de insumos, menor risco ambiental e menor depleção do rendimento comercial. Além das hortaliças, principal produto hidropônico do Brasil, culturas de aptidão ornamental são particularmente interessantes, devido à sua alta rentabilidade, para justificar e viabilizar o empreendimento hidropônico com o insumo, águas salobras.

Soares *et al.* (2007) concluíram que é possível utilizar águas salinas para produção de alface em hidroponia, podendo a tolerância aos sais ser superior àquela obtida em cultivos convencionais em solo. Santos *et al.* (2011) com o objetivo de avaliar o rendimento da cultura da alface cv. 'Elba' produzida em sistemas hidropônicos NFT e floating, quando submetida às diferentes águas do processo de dessalinização, verificaram que o sistema floating proporcionou melhor rendimento do que o NFT. De acordo com estes autores, a água salina do poço pode substituir a água doce na reposição da lâmina evapotranspirada, sem perdas no rendimento, o mesmo pode ser feito com o rejeito da dessalinização.

Gomes J. *et al.* (2011) trabalhando com o cultivo do tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização, encontraram que a adição de 25% de rejeito de dessalinizador, com CE de 3,55 dS m⁻¹, à solução nutritiva permite o cultivo desta espécie, sem haver redução na produtividade. Maciel *et al.* (2012) estudando o uso de águas salinas sobre o rendimento e a inflorescência do girassol ornamental 'Sol Vermelho' em hidroponia NFT, concluíram que a salinidade da água, mesmo proporcionando uma condutividade elétrica da solução nutritiva de até 16,36 dS m⁻¹, não prejudicou o tamanho da inflorescência e nem a qualidade comercial da sua haste.

1.3.7. Estratégias que favorecem a absorção de nutrientes pelas plantas em condições salinas

Sob condições de salinidade, a disponibilidade, a absorção e o transporte de nutrientes são altamente complexos para a nutrição mineral das culturas. Dentre os resultados

mais prováveis do efeito da salinidade na nutrição mineral estão a redução no crescimento e as alterações na qualidade do produto vegetal. Nesse contexto, alguns estudos têm sido desenvolvidos visando o emprego de fontes alternativas que favoreçam a aquisição de nutrientes pelas plantas em condições de salinidade, como por exemplo, a aplicação de biofertilizante líquido (CAVALCANTE *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2012) e a inoculação de fungos micorrízicos em raízes de plantas (LÚCIO *et al.*, 2012; ABDEL-FATTAH; ASRAR, 2012).

Diversas pesquisas têm demonstrado que o uso de biofertilizante em ambientes salinos pode atenuar, parcialmente, os efeitos da salinidade sobre o crescimento das plantas. Estudo conduzido por Gomes *et al.* (2012), avaliando o efeito da água de alta e baixa salinidade no crescimento inicial do milho utilizando adubação com biofertilizante bovino, mostrou que quanto maior a concentração do biofertilizante, menor é o efeito degenerativo da água salina à cultura do milho. Em feijão-de-corda submetido à salinidade, Silva *et al.* (2011) verificaram que a aplicação de biofertilizante bovino melhorou o desempenho de todos os parâmetros analisados (crescimento e fotossíntese), em relação as plantas que não receberam o insumo.

Cavalcante *et al.* (2010) conduziram experimento para avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e do esterco líquido bovino durante o período de formação de mudas de goiabeira Paluma. Os autores verificaram que a salinidade do solo foi marcadamente elevada com o aumento da salinidade da água de irrigação, refletindo em declínio no crescimento das plantas em altura, diâmetro caulinar, área foliar, crescimento de raízes e produção de biomassa pelas goiabeiras, mas sempre com menor intensidade nas plantas com esterco líquido bovino. As plantas sob irrigação com água salina e o insumo orgânico superaram as dos tratamentos sem o insumo em 86,9; 72,4; 11,0; 252,4; 351 e 39,7% o crescimento em altura, diâmetro do caule, comprimento de raízes, área foliar e biomassa das raízes e parte aérea, respectivamente. Portanto, o uso de biofertilizante pode ser uma alternativa viável para permitir o aumento da produtividade em condições de salinidade moderada, sendo necessários novos estudos que busquem aumentar a sua eficiência em condições de campo.

Estudos recentes indicam que a associação simbiótica de plantas com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) promovem maior tolerância das plantas aos vários tipos de estresses abióticos, dentre eles o salino (LÚCIO *et al.*, 2012). Lacerda *et al.* (2010), explicam que essa maior tolerância das plantas micorrizadas à salinidade deve-se a possíveis mecanismos de proteção pelos fungos, dentre eles a maior absorção de nutrientes, alteração da

morfologia da raiz (maior número de raízes adventícias) e a influência dos FMA na condutividade elétrica do solo. Lúcio *et al.* (2012) observaram que a associação simbiótica entre o FMA e as plantas de melão proporcionou aumento nos totais extraídos de N, P e K, e redução na absorção de íons potencialmente tóxicos como o Na^+ e o Cl^- . Esta associação também proporcionou um incremento no crescimento vegetativo e na taxa de fotossíntese, porém o efeito benéfico da micorriza decresceu com o aumento da salinidade. De acordo com Abdel-Fattah e Asrar (2012) plantas de trigo cultivadas em condições salinas micorrizadas absorvem menos Na e mais P, N e Mg.

1.4. REFERÊNCIAS

- ABDEL-FATTAH, G. M.; ASRAR, A. W. A. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. **Acta Physiol Plant**, v.34, p. 267-277, 2012.
- ALBORNOZ, F. *et al.* Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con agua desalinizada y desborificada en el valle de lluta. **IDESIA**, v.25, n.2, p.73-80, 2007.
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. O semiárido cearense e suas águas. In: ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**: Uma proposta de uso adequado do capital natural. Imprensa Universitária: Fortaleza-CE, 2010. p.288-309.
- ANDRADE, W. E. DE B. *et al.* **Cultivo do cafeeiro arábica em condições adensadas**. Niterói: Programa Rio Rural: Rio de Janeiro, 2008. 17p.
- ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.
- AZEVEDO, C. M. S. B. *et al.* Uso de *Atriplex nummularia* na extração de sais de solos irrigados com efluentes salinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9 (suplemento), p.300-304, 2005.
- BAHRI, A. Water woes. **Nature**, v.459, p.39, 2008.
- BAO, H.; LI, Y. Effect of stage-specific saline irrigation on greenhouse tomato production. **Irrigation Science**, v.28, p.421-430, 2010.
- BATISTA, M. J. *et al.* **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 2. ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 2002. 216p.
- BEZERRA, A. K. P. *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, n.5, p.1075-1082, 2010.
- BEZERRA, E. **A salinização de solos aluviais em perímetros irrigados no Estado do Ceará**. Fortaleza: DNOCS, 2006. 136p.
- BEZERRA, M. E. DE J. *et al.* Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.4, p.562-570, 2010.
- BOTÍA, P. *et al.* Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. **European Journal of Agronomy**, v.23, p.243-253. 2005.

CAMPOS, R. T. Avaliação benefício-custo de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.45, n.4, p.963-984, 2007.

CARVALHO, L. B.; GUZZO, C. D. Adensamento da beterraba no manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.26 n.1, p.73-82, 2008.

CARVALHO, P. C. de F. **Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje**. FAO, 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Brazil-Spanish.pdf>. Acesso em: 25 jul 2012.

CARVALHO, J. F. DE. *et al.* Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.368-374, 2012.

CAVALCANTE, *et al.* Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. 400p.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.1, p.251-261, 2010.

CENTRAL SOIL SALINITY RESEARCH INSTITUTE. Use of poor quality water. In: _____. **Reclamation and management of salt-affected soils**. – Karnal (Haryana) Índia, 2004. p.91-121.

CHAUHAN, C. P. S.; SINGH, R. B. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, v.95, p.253-258. 2008.

CHAVES, L. C. G. *et al.* Dinâmica da salinidade do solo em áreas do Distrito de Irrigação Araras Norte, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n.4, p.522-532, 2009.

CHAUHAN, C.P.S. R.B. SINGH, S.K. GUPTA. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, v.95, p.253-258, 2008.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; DANIEL, B. Efeito do consórcio de milho com *Panicum maximum* na comunidade infestante e na cultura da soja em rotação. **Planta Daninha**, v.29, n.3, p.545-555, 2011.

COSME, C. R. *et al.* Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.499-504, 2011.

DEPARIS, G. A. **Espaçamento, adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho**. 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2006.

DIAS, N. S. *et al.* 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.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos básicos e aplicados. INCTSal: Fortaleza-CE, 2010. p.129-141.

DIAS, N. da S. *et al.* Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v.24, n.1, p.76-81, 2011.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. DOS S.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura irrigada**: Estudos básicos e aplicados. 2010. cap. 17, p.303-317.

FREIRE, M. B. G.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCTSal, 2010. Cap. 25, p.459-470.

GAWAD, G. A. *et al.* The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999–2002). **Agricultural Water Management**, v.78, p.39–53, 2005.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. *In*: _____. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2000. cap. 16, p. 329-346.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. *In*: **Estresses Ambientais**: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE: Imprensa universitária, 2005, p.95-105.

GOMES, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.237-245, 2012.

GOMES, K. R. *et al.* Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.365-370, 2011.

GOMES, J. W. DA S. *et al.* Crescimento e produção do tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.850-856, 2011.

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

HABER, L. L. *et al.* Diferentes concentrações de solução nutritiva para o cultivo de *Mentha piperita* e *Melissa officinalis*. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.1006-1009, 2005.

KANG, Y.; CHEN, M.; WAN, S. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain. **Agricultural Water Management**, v.97, p.1303-1309, 2010.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos.** 1995. 87f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F. Estratégias de manejo do sistema solo-água-plantas sob condições de salinidade. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO*, 32., 2009, Fortaleza. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 2009. CD-ROM.

LACERDA, C. F. *et al.* 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.2, p.221-230, 2009.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura irrigada: Estudos básicos e aplicados.* INCTSal: Fortaleza, 2010. cap. 17, p.303-317.

LACERDA, C. F. DE; HERNANDEZ, F. F. F.; NEVES, A. L. R. Problemas de salinidade na agricultura: identificação e formas de convivência. *In: ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de utilização do capital natural.* Imprensa Universitária: Fortaleza, 2010. cap. 13, p.288-309.

LACERDA, C. F. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p.663-675, 2011a.

LACERDA, C. F. *et al.* Influence of plant spacing and irrigation water quality on a cowpea-maize cropping system. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v.1, n.5, p.163-171, 2011b.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, 2000. 533 p.

LIMA, V. L. A.; FARIAS, M. S. S., BORGES JÚNIOR, C. F. Drenagem agrícola no manejo dos solos afetados por sais. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura irrigada: Estudos básicos e aplicados.* INCTSal: Fortaleza, 2010. cap. 20, p.369-381.

LÚCIO, W. S. *et al.* Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Revista Semina** (No prelo), 2012.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of Irrigation Drainage Division of ASCE**, v.103, p.115-134, 1977.

MACIEL, M. P. *et al.* Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.165-172, 2012.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v.78, p.25-38. 2005.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB R. Effect of irrigation methods, management and salinity water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. **Irrigation Science**, v.26, p.313-323. 2008.

MATOS, J. F. *et al.* Desempenho de unidades de dessalinização. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, 23., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AIDIS, 2000.

MEDEIROS, J. F. *et al.* Riscos e medidas mitigadoras para a salinidade em áreas irrigadas. *In*: PAZ, V. P. S. *et al.* **Manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas**. Cruz das Almas: UFRB, 2009. p.187-219.

MELO, P. C. S. *et al.* Seleção de genótipos de arroz tolerantes à salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.58-64, 2006.

MORAIS, F. A. *et al.* Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.327-336, 2011.

MORALES-GARCIA, D. *et al.* Supplemental saline drip irrigation applied at different growth stages of two bell pepper cultivars grown with or without mulch in non-saline soil. **Agricultural Water Management**, v.98, n.5, p.893-898, 2011.

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.

MUYEN, Z.; MOORE, G. A.; WRIGLEY, R. J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, v.99, p.33-41, 2011.

NEVES, A. L. R. *et al.* Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.4, p.569-574, 2008.

NOBRE, R. G. *et al.* Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.358-365, 2010.

OLIVEIRA, B. C. *et al.* Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.11–16, 2007.

PACHECO, L. P. *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PEREIRA, B. F. F.; HE, Z. L.; SILVA, M. S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S. F.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. Reclaimed wastewater: Impact on soil–plant system under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192, p.54–61, 2011.

PIRES, R. C. DE M. *et al.* Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. Junho de 2008.

PORTO E. R.; AMORIM M. C. C., SILVA JUNIOR L. G. A. Uso do rejeito de dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.111-114, 2001.

PORTO FILHO, F. Q. *et al.* Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.453-459, 2006.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. INCTSal: Fortaleza-CE, 2010. p.12-19.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p.

RODRIGUES, L. N. *et al.* Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13 (Suplemento), p.825-835, 2009.

SANTOS, A. N. *et al.* Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SANTOS, D. B. *et al.* Captação de água da chuva para fins agropecuários no semiárido. *In*: GHEYI, H. R. *et al.* **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258p.

SANTOS JÚNIOR, J. A. *et al.* Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.842-849, 2011.

SANTOS, R. S. DA S. *et al.* Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência Agrotécnica**, v.34, n.4, p.983-989, 2010.

SEGAL, E. *et al.* Recommendations for nutrient management plans in a semi-arid environment. **Agricultural Ecosystems and Environmental**, v.137, p.317-328, 2010.

SHALHEVET, J.; MORRIS, G. H.; SCROEDER, B. P. Root and shoot growth response to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, v.87, p.512-516. 1995.

SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.5-38, 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 & Tillage Research**, v.48, p.287-295, 1998.

SILVA, C. M. M. DE S.; VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, P. R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1389-1396, 2008.

SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383–389, 2011.

SILVA, J. R. R. *et al.* Parâmetros estruturais da erva-sal cultivada em diferentes espaçamentos e irrigada com rejeito de dessalinizadores no semiárido. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., Maringá, PR, 2009.

SILVA, J. V. *et al.* Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl_2 . **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.15, p.99–105, 2003.

SINGH, A. K.; GUPTA, S. K. Water management in salt affected soils: Issues and strategies. **Journal Soil Salinity & Water Quality**, v.1, n.(1-2), p. 14-24, 2009.

SIQUEIRA NETO, M. *et al.* Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - Emissões de CO_2 e N_2O . **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.

SOARES, T. M. *et al.* Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.730-737, 2006.

SOARES, T. M. *et al.* Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.22, p.235-248, 2007.

SOHIDRA. Disponível em: <http://www.sohidra.ce.gov.br/aguas-subterraneas/aguas-subterraneas/?searchterm=dessalinizador>. Acesso em: 12 jul 2011.

SOUZA, E. R. *et al.* Biomass, anatomical changes and osmotic potential in *Atriplex nummularia* Lindl. cultivated in sodic saline soil under water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.82, p.20–27, 2012.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.804-810, 2006.

VIEIRA, M. R. **Produtividade, composição químico-bromatológica e nutrição mineral de plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

WILLADINO L.; CÂMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

YEO, A. R. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Science Horticultural**, v.78, p.159-174, 1999.

CAPÍTULO 2: Aspectos técnicos e socioeconômicos relacionados ao uso de equipamentos de dessalinização nas comunidades rurais de Pentecoste, Ceará

RESUMO

Devido à escassez de água, o uso de águas subterrâneas tem aumentado muito em todo mundo. O uso de dessalinizadores tem despertado grande interesse como alternativa para tornar potável a água. No semiárido brasileiro, mais de 3 mil dessalinizadores de osmose reversa estão em funcionamento, com a função de transformar a água salobra de poços e açudes em água potável. No entanto, a produção do rejeito pode contaminar o lençol freático e gerar sérios impactos ambientais no solo. Objetivou-se neste estudo avaliar a situação atual dos dessalinizadores e as práticas adotadas para a utilização da água dessalinizada e da água do rejeito do dessalinizador e o uso de outras fontes de água, análise preliminar da qualidade da água dos poços, dessalinizada e do rejeito, o destino dado ao rejeito de equipamentos de dessalinização instalados em oito localidades em Pentecoste, Ceará. Foram visitadas as localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá, Macacos, Barra do Leme, Capivara, Lagoa da Porta e Providência (pré-teste), após o pré-teste elaborou-se o questionário definitivo. Foram coletadas três amostras, em garrafas plásticas, do poço, dessalinizada e de rejeito, para realização de análises físico-químicas. No município de Pentecoste, Ceará encontra-se um total de oito dessalinizadores instalados e quatro em funcionamento atendendo a população local. A localidade de Muquenzinho apresenta água do poço, dessalinizada e rejeito com os maiores valores de pH, CE, Na e Ca, em relação às demais localidades. A maior parte do rejeito gerado é utilizada para alimentação animal e a grande maioria da população independente da localidade, não tem conhecimento se o rejeito causa algum dano à saúde humana ou ao meio ambiente. Entende-se que se deve dar um destino correto ao rejeito gerado pela dessalinização de águas de poços no Estado do Ceará, portanto, mais pesquisas devem ser realizadas com a finalidade de utilização adequada do mesmo, sem degradar o meio ambiente.

Palavras-chave: Rejeito de dessalinizador. Água subterrânea. Semiárido. Salinidade.

CHAPTER 2: Technical and socioeconomic aspects related to the use of desalination equipment in rural communities of Pentecost, Ceará

ABSTRACT

Due to the scarcity of water the use of groundwater has greatly increased worldwide. The use of desalination has attracted great interest as an alternative to make drinking water. In the Brazilian semiarid region, more than 3000 reverse osmosis desalination plants are in operation, with the task of transforming the brackish water from wells and reservoirs of drinking water. However, the production of waste can contaminate groundwater and cause serious environmental impacts on the ground. The objective of this study was to evaluate the current status of desalination and practices adopted for the use of desalinated water and waste water from the desalination plant and the use of other water sources. Preliminary analysis of water quality of wells, desalinated and rejects the destination of the waste from desalination stations installed in eight locations Pentecoste, Ceará. The towns of Mulungu, Muquenzinho, Irapuá, Macacos, Barra do Leme, Capivara, and Lagoa da Porta e Providência (pretest) were visited, after pre-test questionnaire was drawn up final. Three samples were collected in plastic bottles, the well, desalinated water and waste for the physical and chemical analyses. In the city of Pentecost, Ceará are a total of eight and four desalination plants installed are in operation serving the local population. The location of Muquenzinho presents the highest values of pH, EC, Na and Ca of well water, desalinated water and waste in relation to other locations. Most of the waste generated is used as drinking water animal and the vast majority of the population regardless of location, is not aware if the reject cause any harm to human health or to the environment. It is understood that should be given a correct destination to wastewater generated by desalination of well water in the Ceará State, therefore, more research must be conducted with the purpose of proper use of it, without degrading the environment.

Keywords: Desalinization wastes. Groundwater. Semiarid. Salinity.

2.1 INTRODUÇÃO

Devido à escassez de água o uso de águas subterrâneas tem aumentado muito em todo mundo. Nas três últimas décadas, estimativas apontam que 300 milhões de poços foram perfurados no mundo. A destinação dessa água varia entre países e, nesses, de região para região, constituindo o abastecimento público, de modo geral, a maior demanda. Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades (REBOUÇAS, 1998). A Europa, por exemplo, tem 75% de sua população atendida com água do subsolo, percentual passível de atingir 90% em países como Suécia, Holanda e Bélgica (MEDEIROS *et al.*, 2011; OSTER *et al.*, 2012). No Brasil, estima-se que pelo menos metade do abastecimento de água potável é fornecido por recursos hídricos subterrâneos (SILVA; ARAÚJO; SOUZA, 2007).

Segundo Béltran e Koo-Oshima (2006), no passado, o alto custo da dessalinização e a energia necessária foram grandes restrições à produção em larga escala de água doce a partir de águas salobras e água do mar. No entanto, a água dessalinizada é cada vez mais competitiva para usos urbanos, porque os custos de dessalinização estão diminuindo e os custos de águas doces, superficiais e subterrâneas, são crescentes. Para usos no meio rural, a osmose reversa é a tecnologia de dessalinização mais empregada.

Nas comunidades rurais do Nordeste brasileiro a utilização de águas subterrâneas de poços tubulares é uma alternativa ao abastecimento d'água. No entanto, há uma grande limitação na utilização desses poços para enfrentamento da escassez hídrica, que é o elevado teor de sais dissolvidos (SILVA; ARAÚJO; SOUZA, 2007; SANTOS *et al.*, 2011). A este respeito, o Serviço Geológico do Brasil-CPRM, relata que cerca de 50% dos poços perfurados apresentam salinidade elevada (CPRM, 1997 *apud* MEDEIROS *et al.*, 2011).

O Ceará tem por característica o fato de que cerca de 92% do seu território ser inserido no semiárido, com 70% de sua área formada por rochas cristalinas, portanto, impermeáveis à água, e que quase não armazenam água. Seus rios são temporários, ou seja, só há água no período das chuvas, três a cinco meses no ano. As cidades do interior do Estado sofrem com a escassez de água, seja devido à má distribuição das chuvas durante o ano ou à baixa qualidade das águas subterrâneas (PALÁCIO *et al.*, 2011).

O uso de dessalinizadores tem despertado grande interesse como alternativa para tornar potável a água dos poços salinizados. No semiárido brasileiro, mais de 3 mil dessalinizadores de osmose reversa estão em funcionamento, com a função de transformar a

água salobra de poços e açudes em água potável. Atualmente, segundo a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) foram construídos cerca de 4.500 poços em comunidades de todo o Ceará, em seus 184 municípios. Ao todo, a SOHIDRA já instalou um total de 450 dessalinizadores em 87 municípios (SOHIDRA, 2011; SOHIDRA, 2012).

A produção do rejeito pode contaminar o lençol freático e gerar sérios impactos ambientais no solo. Dependendo do equipamento e da qualidade da água do poço, a quantidade de rejeito gerado é da ordem de 40 a 70% do total de água salobra que vem do poço (BELTRÁN; KOO-OSHIMA, 2006; PORTO *et al.*, 2006; WANDERLEY, 2009). Destaca-se, portanto, a necessidade de aproveitamento do rejeito, de maneira consorciada com atividades da agricultura, piscicultura e/ou mineração evitando-se, assim, impactos ambientais negativos ao solo (SOARES *et al.*, 2006; CEARÁ, 2008; WANDERLEY, 2009).

Diante do exposto, objetivou-se neste estudo avaliar aspectos técnicos e socioeconômicos relacionados à utilização de equipamentos de dessalinização instalados em oito localidades em Pentecoste, Ceará e a elaboração de um sumário executivo (APÊNDICE B).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos meses de novembro e dezembro de 2009, em oito comunidades localizadas no município de Pentecoste (3°47'S; 39°16'W, e altitude de 45 m), Ceará, a saber: Mulungu, Muquenzinho, Irapuá, Macacos, Barra do Leme, Capivara, Lagoa da Porta e Providência. Pentecoste fica localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Curu e conta com o açude Pereira de Miranda, que abastece a sede do município. Tinha uma população estimada no ano de 2010 em 35.400 habitantes (IBGE, 2012), com uma área territorial de 1.378 km², sendo que parte das comunidades não dispõe de fontes de abastecimento de água durante o ano todo.

O aspecto geral das localidades não difere em muitas características, pois se encontram na mesma região de clima semiárido, com vegetação caatinga, com a população acomodada apenas numa pequena área central, com a presença de estabelecimentos comerciais, escola e casas; nas localidades onde o dessalinizador funcionava observava-se maior presença de moradores nas áreas próximas das instalações do equipamento, fato também observado por Pinheiro e Callado (2005). Nenhuma das localidades visitadas possuía pavimentação asfáltica. Na Tabela 1, encontram-se o número de famílias em cada localidade visitada e o número total de pessoas na localidade.

Tabela 2.1 - Composição da população das localidades e das pessoas entrevistadas (Dezembro de 2009)

Localidade	Nº de Famílias	Nº de famílias entrevistadas	Nº de pessoas nas famílias entrevistadas
Mulungu	35	14	48
Muquenzinho	26	19	69
Irapuá	62	16	52
Macacos	58	07	30
Barra do Lemo	20	12	17
Capivara	32	15	40
Lagoa da Porta	15	05	59
Total	248	88	315

Realizou-se uma pesquisa direta, junto às famílias beneficiadas por dessalinizadores, e também nas localidades onde o dessalinizador não estava em

funcionamento, utilizando a técnica de entrevista com aplicação de questionários (Apêndice); a duração das entrevistas foi, em média, 20 minutos, pois o fato de o questionário estar composto em respostas de múltipla escolha fazia com que o processo fosse facilitado e a aplicação de um questionário com 62 perguntas, não tomasse muito tempo dos moradores entrevistados. Os questionários foram submetidos a uma revisão e análise de consistência. Após a análise de consistência iniciou-se o processo de criação do livro de códigos e da planilha. A análise tabular pela padronização e codificação dos dados levou à interpretação em tabelas baseado na frequência relativa e absoluta das respostas (CAMPOS; GOMES; CAMPOS, 2004; PINHEIRO; CALLADO, 2005).

Inicialmente foi realizado um pré-teste, na localidade de Providência para verificar a consistência do questionário. Em seguida elaborou-se o questionário intitulado: Avaliação dos Dessalinizadores de Pentecoste – CE, dividido em dez partes e contendo 62 perguntas (Apêndice). O questionário continha perguntas sobre a caracterização familiar dos habitantes, a caracterização da propriedade, acesso a terra e migração, as fontes de água utilizadas pelos moradores (poço, rio, açude, água do vizinho, dessalinizador, cisterna ou sistema de abastecimento) e o uso da mesma (consumo direto, alimentação, higiene pessoal, consumo animal e agricultura), o aparelho de dessalinização e a água já utilizada pelos moradores antes da implantação do mesmo; procurava-se na mesma sessão saber a quantidade de água adquirida pelas famílias/dia e se esta quantidade era suficiente, os aspectos ambientais das localidades e o destino do rejeito do dessalinizador

Para facilitar a análise dos dados foi criado um livro de códigos do questionário utilizado, onde cada pergunta passava a ter um código associado, assim como cada possível resposta relacionada a esta pergunta, gerando assim 1.377 códigos. A leitura e interpretação deste livro foram auxiliadas por uma planilha eletrônica elaborada no software Microsoft Excel, finalizando o processo de tabulação múltipla.

Em cada comunidade foram coletadas amostras de água do poço, dessalinizada e do rejeito, para realização de análises do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE, em dS m^{-1}), sódio (Na, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$), potássio (K, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) e Cálcio (Ca, $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$). As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas e, em seguida, refrigeradas e transportadas em caixa de isopor e analisadas, em triplicatas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.2 verifica-se que dos oito dessalinizadores instalados em Pentecoste, Ceará, apenas quatro estavam em funcionamento. O equipamento instalado na localidade de Mulungu está em funcionamento há 16 anos e atende a 35 famílias, onde cada família paga R\$ 5,00 por mês e tem direito a 40 L de água dessalinizada por dia. Na localidade de Muquenzinho o equipamento está em funcionamento há 5 anos e atende 26 famílias, onde cada família paga R\$ 5,00 por mês e tem direito a 20 L de água dessalinizada por dia. O dessalinizador da localidade Irapuá atende 62 famílias, e quem paga R\$ 0,50 tem direito a 20 L por dia, sendo que o mesmo está em funcionamento há 6 anos. Em Lagoa da Porta, o dessalinizador funciona desde 2005, atende um total de 15 famílias, porém o valor e a quantidade de litros não foram estabelecidos, de modo que cada família consome a quantidade que precisa. Os dessalinizadores das localidades Providência e Barra do Lemo foram recuperados, porém as comunidades estão aguardando a religação da energia elétrica, portanto o dessalinizador não está em funcionamento. Já na localidade de Capivara o equipamento está aguardando manutenção.

Tabela 2.2 - Situação dos dessalinizadores de Pentecoste-CE (Dezembro de 2009)

Localidades	Nº de famílias	Situação atual
Providência	13	Desativado
Mulungu	35	Em funcionamento
Muquenzinho	26	Em funcionamento
Irapuá	62	Em funcionamento
Macacos	58	Desativado
Barra do Lemo	20	Desativado
Capivara	32	Desativado
Lagoa da Porta	15	Em funcionamento

Na Tabela 2.3, encontram-se os valores de pH, CE, Na, K e Ca da água do poço, dessalinizada e rejeito, coletadas nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, onde os equipamentos se encontravam em funcionamento, atendendo a população com água potável. Em geral, os maiores valores de pH, CE, Na e Ca para água do poço, dessalinizada e rejeito se encontram na localidade de Muquenzinho. Os valores de pH, CE, Na e Ca são elevados na água do poço e do rejeito de todas as localidades citadas na Tabela 2.3.

A elevada concentração de Na e de outros íons na água do poço e do rejeito, pode contribuir para a salinidade dos solos, quando o destino desse rejeito é o solo ou uma lagoa, causando impactos ambientais negativos para as gerações futuras. Os dessalinizadores apresentaram grande eficiência, reduzindo consideravelmente a salinidade das águas, porém tornam o pH relativamente ácido, abaixo dos valores recomendados para o consumo humano.

Tabela 2.3 - Características físico-químicas de amostras de água de poço, dessalinizada e rejeito, coletadas em diversas localidades de Pentecoste – CE (Dezembro de 2011)

Localidades	Amostra	pH	CEa (dS m ⁻¹)	Na (mmol _c L ⁻¹)	K (mmol _c L ⁻¹)	Ca (mmol _c L ⁻¹)
Mulungu	Poço	7,1	3,5	13,7	0,4	9,5
	Dessalinizada	5,4	0,06	0,7	0,0	0,0
	Rejeito	6,9	4,2	14,4	0,4	1,3
Muquenzinho	Poço	7,8	5,3	37,3	0,4	5,9
	Dessalinizada	5,6	0,08	0,6	0,0	0,0
	Rejeito	7,1	7,6	49,3	0,7	16,2
Irapuá	Poço	7,4	3,9	18,4	0,3	12,7
	Dessalinizada	6,1	0,09	0,8	0,0	0,0
	Rejeito	7,6	5,1	23,7	0,4	8,5
Lagoa da Porta	Poço	7,0	4,8	15,8	1,2	11,6
	Dessalinizada	5,5	0,1	0,7	0,1	0,0
	Rejeito	6,5	6,0	17,8	1,5	15,3

Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram obtidos por Monteiro, Silva e Lessa Lôbo (2009), que avaliaram os dessalinizadores implantados em dez comunidades no semiárido paraibano, com a finalidade de estudar a RAS (Razão de Adsorção de Sódio), a CE (Condutividade Elétrica), e as concentrações de Cálcio, Magnésio e Sódio. Os valores de CE encontrados nos rejeitos por esses autores variaram de 1,05 a 9,28 dS m⁻¹, com alguns apresentando valores similares aos encontrados nos rejeitos dos dessalinizadores da região de Pentecoste, CE. Nos dois casos observa-se que a maioria dos rejeitos apresenta riscos altos a muito altos de salinização, sendo possível que os riscos de salinização sejam maiores do que os de sodificação do solo.

Algumas localidades não apresentavam um dessalinizador funcional, tendo o equipamento funcionado durante algum tempo, mas não estava atendendo a população. Na Tabela 2.4 são apresentados os valores cobrados pelo uso da água dessalinizada, as quantidades disponibilizadas para as famílias, a produção diária de água dessalinizada e a quantidade de rejeitos liberados, levando em consideração uma eficiência de 40% por parte do dessalinizador (Tabela 2.4). Verifica-se que ocorrem diferenças na gestão do equipamento, o que pode estar associado ao grau de organização das comunidades estudadas.

Tabela 2.4 - Custo de manutenção dos dessalinizadores (R\$), quantidade (L) de água que as famílias têm acesso por dia, água dessalinizada gerada por dia (L) e quantidade de rejeito produzido diariamente (L) nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE

Localidade	Custo pela Manutenção	Litros/Família/Dia de Água Tratada	Água Tratada/Dia	Rejeito Produzido/Dia
Mulungu	5,00	40	1400	2100
Muquenzinho	5,00	20	520	780
Irapuá	0,50	20	1240	1860
Lagoa da Porta*	-	-	-	-

*Não haviam valores estabelecidos

A Tabela 2.5 mostra os resultados sobre qual destino era dado ao rejeito gerado pelo dessalinizador nas localidades com equipamento em pleno funcionamento e se as famílias moradoras tinham alguma informação a respeito dos efeitos do rejeito tanto para saúde humana quanto para o meio ambiente. A maior parte das famílias disse usar o rejeito na alimentação animal. Na localidade de Mulungu o rejeito era utilizado para irrigação. Das 52 famílias que responderam a respeito do conhecimento sobre os efeitos que o rejeito poderia causar ao meio ambiente, apenas seis delas disseram que tinham conhecimento a respeito ou alguma suspeita, as outras 46 famílias não tinham conhecimento algum sobre os possíveis efeitos do rejeito sobre o meio ambiente e saúde humana.

Tabela 2.5 - Destino dado ao rejeito do dessalinizador e nível de informação dos moradores sobre efeitos do rejeito para o homem e meio ambiente, nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE

Localidade	Destino do Rejeito			Conhece os Efeitos do Rejeito	
	Irrigação	Consumo Animal	Meio Ambiente	Sim	Não
Mulungu	12	2	-	3	11
Muquenzinho	-*	12	1	2	17
Irapuá	3	7	2	1	15
Lagoa da Porta	-	2	-	-	3

* não há informação

Segundo Azevedo (2012), os principais destinos do rejeito dos dessalinizadores em áreas isoladas de regiões semiáridas são: higiene pessoal (banho), lavagem de louça, sanitário, limpeza geral, dessedentação animal, aquicultura, irrigação em plantações (plantas halófitas, capim elefante entre outras) e produção de sais (cristalizadores ou evaporadores). Araújo *et al.* (2005) avaliando os sistemas de dessalinização de águas no semiárido do Rio Grande do Norte, encontraram que a disposição do rejeito, na maioria das comunidades é feita de forma indevida, sendo lançados ao meio ambiente sem nenhum critério, podendo salinizar o solo devido a alta concentração de sais. Em sua grande maioria, os tanques de evaporação de rejeito apresentam fissuras, e o rejeito sólido é disposto no solo sem nenhum tratamento ou aproveitamento. Entretanto, algumas comunidades fazem o aproveitamento desse concentrado para criação de peixes, irrigação, alimentação animal, uso em descargas sanitárias e lavagens.

Experiências exitosas em outros Estados mostram o rejeito sendo aproveitado para produção de camarões e tilápias vermelhas para engorda e para obter sal com a evaporação do rejeito, produzindo cloreto de sódio, cálcio, magnésio, sulfeto de cálcio e sulfeto de magnésio (PINHEIRO; CALLADO, 2005). Segundo Wanderlei (2009), no Ceará, a lavagem de roupas, carros e motos possuem a maior frequência em utilização dos rejeitos (38%), mas não há pesquisas mostrando se essas práticas promovem benefícios às pessoas, sendo apenas experiências isoladas e motivadas pela absoluta falta de água de boa qualidade. Mas o que predomina é a drenagem dos rejeitos para terrenos próximos ao sistema e aos cursos de água (60%), que é uma forma mais prática e de baixo custo de descartá-los.

Outro uso desta água salobra poderá ser para o cultivo hidropônico, uma atividade nova que vem sendo difundida no semiárido nordestino, e que poderá contribuir para o aumento da produção nesta área. Na hidroponia, a salinidade tolerada pelas culturas é maior

que no cultivo convencional em solos salinos, devido a maior e constante disponibilidade de água nos diversos tipos de sistemas hidropônicos em relação ao cultivo em solo, e a pouca ou inexistente contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, devendo isto representar uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas para uma mesma quantidade de sais (DIAS; BLANCO, 2010; SANTOS *et al.*, 2010a; SANTOS *et al.*, 2010b; PAULUS *et al.*, 2010; COSME *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2011; MACIEL *et al.*, 2012).

A Tabela 2.6 mostra as fontes e diferentes usos da água nas localidades onde o dessalinizador encontrava-se parado. Nas localidades onde não há um equipamento para dessalinização da água do poço, em pleno funcionamento, a fonte de água mais utilizada é o açude, seguido do uso de cisternas. O uso da água para irrigação na agricultura é quase nulo, o que caracteriza assim uma agricultura quase exclusivamente de sequeiro. O uso da água do açude muitas vezes em todas as atividades coloca-a como a mais utilizada, porém, para consumo direto e alimentação a água mais utilizada é a retirada das cisternas, e para higiene pessoal a água do próprio poço.

Na localidade de Macacos, 7,69% da população utiliza água do açude para consumo direto, alimentação e irrigação, 53,85% para higiene pessoal e 23,08% para consumo animal (Tabela 2.6). Nesta mesma localidade, 50% utiliza água da cisterna para consumo direto e 50% para alimentação. Na localidade de Barra do Leme o uso da água do açude é de 20% para alimentação e 80% para higiene pessoal. No caso do uso da água da cisterna, nesta comunidade, é de 50% para consumo direto e alimentação. A comunidade da localidade de Capivara utiliza as mais diversas fontes de água disponíveis para os mais diversos fins. Deve-se destacar que a maioria utiliza água do açude, onde 33% do uso desta água são para consumo direto e alimentação.

Tabela 2.6 - Diferentes fontes e usos de água nas localidades de Macacos, Barra do Leme e Capivara, Pentecoste – CE

Localidade	Fonte	Utilização/Número de Famílias				
		Consumo Direto	Alimentação	Higiene Pessoal	Consumo Animal	Irrigação
Macacos	Poço	-*	-	-	-	-
	Rio	-	-	-	-	-
	Açude	1	1	7	3	1
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	6	6	-	-	-
	Abastecimento	-	-	-	-	-
	Cacimba	-	-	-	-	-
	Dessalinizador	-	-	-	-	-
Barra do Leme	Poço	-	-	-	-	-
	Rio	-	-	-	-	-
	Açude	-	1	4	-	-
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	4	4	-	-	-
	Abastecimento	-	-	-	-	-
	Dessalinizador	-	-	-	-	-
Capivara	Poço	1	3	9	3	-
	Rio	-	-	-	-	-
	Açude	7	7	2	4	1
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	1	1	-	-	-
	Abastecimento	1	2	5	2	-
	Dessalinizador	-	-	-	-	-

* não há informação

Nas localidades com dessalinizador em pleno funcionamento, ocorreu o fato das famílias utilizarem água do poço para alimentação e água dessalinizada para consumo direto, como no caso de Mulungu e Lagoa da Porta. Na comunidade de Muquenzinho destaca-se o uso de água dessalinizada para consumo direto e água de cacimba para alimentação e na comunidade Irapuá destaca-se o uso de água dessalinizada para consumo direto e água de abastecimento para alimentação (Tabela 2.7). Como a água dessalinizada é mantida, em algumas das localidades, com um preço a se pagar então o consumo ainda é limitado. A água mais utilizada para higiene pessoal é a de poço (Tabela 2.7). Na localidade de Mulungu 66,67% da população utiliza a água dessalinizada para consumo direto e 28,57% para alimentação.

Tabela 2.7 - Diferentes fontes e usos de água nas localidades de Mulungu, Muquenzinho, Irapuá e Lagoa da Porta, Pentecoste – CE

Utilização/Número de Famílias						
Localidade	Fonte	Consumo Direto	Alimentação	Higiene Pessoal	Consumo Animal	Irrigação
Mulungu	Poço	-*	6	10	6	-
	Rio	-	-	1	-	-
	Açude	-	-	-	1	-
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	-	1	1	1	-
	Abastecimento	-	5	6	3	-
	Cacimba	-	-	-	-	-
	Dessalinizador	14	6	1	-	-
Muquenzinho	Poço	2	4	4	2	-
	Rio	-	-	-	1	-
	Açude	-	2	1	-	-
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	-	-	-	-	-
	Abastecimento	-	-	-	-	-
	Cacimba	1	12	14	-	-
	Dessalinizador	18	2	-	-	-
Irapuá	Poço	1	6	7	-	-
	Rio	-	1	1	-	-
	Açude	-	-	-	-	-
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	-	-	-	-	-
	Abastecimento	2	7	8	-	-
	Cacimba	-	-	-	-	-
	Dessalinizador	14	2	-	-	-
Lagoa da Porta	Poço	1	7	13	9	2
	Rio	-	-	-	-	-
	Açude	-	-	1	-	-
	Vizinhança	-	-	-	-	-
	Cisterna	3	1	-	-	-
	Abastecimento	-	1	3	2	-
	Cacimba	-	-	-	-	-
	Dessalinizador	11	6	-	-	-

* não há informação

Em vista desta realidade, foi conduzido um experimento de campo utilizando rejeito de dessalinizador associado a várias estratégias na irrigação do feijão-de-corda na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste, Ceará. Os resultados são descritos nos capítulos seguintes deste mesmo trabalho.

2.4 CONCLUSÕES

A localidade de Muquenzinho apresenta os maiores valores de pH, CE, Na e Ca para água do poço, dessalinizada e rejeito, em relação às demais localidades. Os valores de CE para o rejeito variaram de 4,2 a 7,6 dS m⁻¹, representando riscos para o ambiente.

A maior parte do rejeito gerado é utilizada para alimentação animal e a grande maioria da população independente da localidade, não tem conhecimento se o rejeito causa algum dano à saúde humana ou ao meio ambiente.

As diversas fontes de água existentes nas localidades não perderam seu uso devido à implantação dos dessalinizadores, porém nas localidades visitadas, onde os equipamentos se encontram em pleno funcionamento a comunidade se utiliza das águas dessalinizadas geradas por estes equipamentos.

A escassez de água na região, associada à oportunidade para se ter água de boa qualidade, também serve para disciplinar as pessoas a fazer uso racional desse recurso, evitando os desperdícios e o mau uso das fontes de água disponíveis.

Entende-se que se deve dar um destino correto ao rejeito gerado pela dessalinização de águas de poços no Estado do Ceará, portanto, mais pesquisas devem ser realizadas com a finalidade de utilização adequada do mesmo, sem degradar o meio ambiente.

2.5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. L. C. *et al.* Avaliação dos sistemas de dessalinização de águas no semiárido no Rio Grande do Norte. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. 23., Campo Grande/MS, 2005. **Anais...** Mato Grosso, 2005.

AZEVEDO, J. Processo descentralizado e sustentável de oferta de água dessalinizada em áreas isoladas de regiões semiáridas. Disponível em: http://www2.mre.gov.br/aspa/semiario/data/josema_azevedo.htm. Acesso em: 02 fev 2012.

BELTRAN, J. M.; KOO-OSHIMA, S. **Water desalination for agricultural applications**. Food and Agriculture Organization – FAO of the United Nations: Rome, 2006, 60p.

CAMPOS, R. T.; GOMES, R. K. G.; CAMPOS, K. C. A crise da água no setor agrícola do Ceará: A busca de solução por meio de sistemas de dessalinização. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL*, 42., Cuiabá – MT, 2004. **Anais...** Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, UERJ, UFMG, 2004.

CEARÁ, Assembléia Legislativa do Estado do Ceará: **Conselhos de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos**. Fortaleza: INESP, 2008. 174p (Coleção Pacto das Águas).

COSME, C. R. *et al.* Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.499–504, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados*. INCTSal: Fortaleza-CE, 2010. p.129-141.

IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=231070>. Acesso em: 19 jun 2012.

MACIEL, M. P. *et al.* Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.165–172, 2012.

MATOS, J. F. *et al.* Desempenho de unidades de dessalinização. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL*, 23., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AIDIS, 2000.

MEDEIROS, S. S. *et al.* **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440p.

MONTEIRO, G. S.; SILVA, J. N.; LESSA LÔBO, H. L. Estudo da razão de adsorção de sódio do rejeito de dessalinizadores implantados no semiárido paraibano. **Centro Científico Conhecer**, v.5, n.8, p.1-6, 2009.

MONTEIRO, G. S. *et al.* Simulação e análise de dessalinizadores via osmose inversa: considerações para análise da qualidade da água. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 9., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: ABRH, 2008.

PALÁCIO, H. A. Q. *et al.* Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.395–402, 2011.

PAULUS, D. *et al.* Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.29-35, 2010.

PINHEIRO, J. C. V.; CALLADO, S. M. Avaliação de desempenho dos dessalinizadores no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v.36, n.1, 2005.

PORTO, E. R. *et al.* Rendimento de *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.97–103, 2006.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; SILVA JÚNIOR, L. G. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.111-114, 2001.

REBOUÇAS, A. C. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, suplemento: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1998.

SANTOS, A. N. *et al.* Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.961–969, 2010a.

SANTOS, A. N. *et al.* Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SANTOS, R. S. S. *et al.* Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência Agrotécnica**, v.34, n.4, p.983-989, 2010b.

SILVA, A. O. *et al.* Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**. v.28, n.2, p.136-159, 2007.

SOARES, T. M. *et al.* Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.730–737, 2006.

SOHIDRA. **Planilha geral de dessalinizadores**. Disponível em: <http://www.sohidra.ce.gov.br>. Acesso em: 19 jun 2012.

SOHIDRA. Disponível em: <http://www.sohidra.ce.gov.br/aguas-subterraneas/aguas-subterraneas/?searchterm=dessalinizador>. Acesso em: 12 jul 2011.

WANDERLEY, R. A. **Salinização de solos sob aplicação de rejeito de dessalinizadores com e sem adição de fertilizantes**. 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CAPÍTULO 3: Trocas gasosas, crescimento e produtividade em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girassol sob diferentes estratégias de irrigação com água salina

RESUMO

O crescimento da população mundial e a crescente demanda de água para atender o consumo das famílias e os demais setores da economia, têm despertado para o aproveitamento de fontes alternativas ou águas de qualidade inferior, tais como as águas salinas e residuárias. Objetivou-se com este estudo avaliar estratégias de manejo da irrigação com água salina no crescimento e produtividade do feijão-de-corda e girassol em um sistema de rotação cultural. O experimento com feijão-de-corda foi conduzido no campo na estação seca de 2011, e obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, com treze tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de: T1: Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo; T2, T3 e T4: Água com CE de 2,2 (A2), 3,6 (A3) e 5,0 (A4) dS m⁻¹, durante todo o ciclo, T5, T6 e T7: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ na fase final do ciclo, T8, T9 e T10: Uso cíclico de A1 e A2; A1 e A3 e A1 e A4, iniciando com A1 no plantio; T11, T12 e T13: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ aplicada 11 dias após o plantio até o final do ciclo, respectivamente. Para verificar o efeito residual de água salina aplicada durante o experimento com o feijão-de-corda, foi cultivado na estação chuvosa de 2012 o girassol nas mesmas parcelas que foram cultivadas com o feijão-de-corda, utilizando irrigação suplementar com água de baixa salinidade. A aplicação de água salina durante todo o ciclo do feijão-de-corda ao nível de 5,0 dS m⁻¹ (T4) e após a germinação até o final do ciclo inibe as trocas gasosas foliares, o crescimento vegetativo e a produtividade da cultura, enquanto as estratégias de irrigação com água salina na fase final do ciclo (floração e frutificação) e de forma cíclica não afetam de forma negativa essas variáveis. Essas estratégias também permitiram uma economia de 34 a 47% de água de baixa salinidade utilizada na irrigação. A irrigação com água do canal (0,5 dS m⁻¹) durante o cultivo do girassol promoveu a lixiviação do excesso de sais no solo no final do cultivo, mas o total de chuvas antes do plantio não foi suficiente para eliminar completamente o efeito residual da salinidade nesta cultura.

Palavras-chave: Rejeito de dessalinizador. *Vigna unguiculata*. Fotossíntese. Produtividade. Crescimento. Eficiência no uso da água.

CHAPTER 3: Gas exchange, growth and yield of a cowpea/sunflower crop rotation system using saline water

ABSTRACT

The world population growth and increasing demand for water to meet household consumption and other sectors of the economy, have awakened for the use of alternative sources or water of lower quality such as saline waters and wastewater. The use of water sources, particularly in the case of irrigated agriculture depends on long-term strategies to ensure sustainability socio-economic and environmental impacts of agricultural systems, capable of producing profitable crops without the occurrence of soil degradation. The objective of this study was to evaluate strategies of irrigation management with saline water on the growth and productivity of cowpea and sunflower in a system of crop rotation. The experiment with cowpea was conducted in the dry season of 2011 and followed the randomized block design, with thirteen treatments and five replications. The cowpea was grown with a spacing of 0.8 m between rows and 0.3 m between plants with two plants per hill. The treatments were: T1: Low salinity water (A1), throughout the cycle, T2, T3 and T4: Water with EC 2.2 (A2), 3.6 (A3) and 5.0 (A4) dS m^{-1} , throughout cycle, T5, T6 and T7: Water with EC 2.2, 3.6 and 5.0 dS m^{-1} in the final phase of the cycle; T8, T9 and T10: cyclical use of A1 and A2; A1 and A3 and A1 and A4, respectively, starting with A1 at sowing, T11, T12 and T13: Water with EC 2.2, 3.6 and 5.0 dS m^{-1} after germination up to the end of the cycle. The drip irrigation used was localized. To verify the effect of use of saline water applied during the experiment with cowpea, in the rainy season of 2012 the sunflower was grown on the same plots that were cultivated with cowpea, using water of low salinity (0.5 dS m^{-1}). At the end of the cycle, groups of six plants in three lines were harvested within each plot to assess the following parameters: dry vegetative, reproductive and total, dry matter partitioning number of pods per plant, pod length, grain yield ha^{-1} and the water use efficiency. The treatment plant which used saline water with EC of 5.0 dS m^{-1} during the entire cycle (T4) and applied after sowing (13), in general, had lower growth and productivity.

Keywords: Desalination wastes. *Vigna unguiculata*. Photosynthesis. Yield. Growth. Water use efficiency.

3.1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial e a crescente demanda por água para atender o consumo das famílias e os demais setores da economia, têm despertado as sociedades para o aproveitamento de fontes alternativas ou águas de qualidade inferior, tais como as águas salinas e residuárias. A utilização destas fontes de águas, particularmente no caso da agricultura irrigada, depende de estratégias de longo prazo que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas, permitindo a obtenção de colheitas rentáveis sem que ocorra degradação do solo (MALASH; FLOWERS; RAGAB, 2005; MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; OSTER *et al.*, 2012).

As águas salinas podem reduzir a produtividade das culturas, e a intensidade desse efeito depende de muitos fatores, dentre eles destacam-se: a espécie vegetal, a cultivar e o estágio fenológico, a composição salina do meio, a intensidade e a duração do estresse, bem como das condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação (YEO, 1999; GHEYI; CORREIA; FERNANDES, 2005). Em termos de manejo de irrigação tem sido verificado que a utilização de algumas técnicas, tais como, o uso de água salina apenas nos estádios de maior tolerância, a mistura de fontes de água e o uso cíclico de água de qualidades diferentes, associadas com rotações de culturas, pode contribuir para reduzir a utilização de água de melhor qualidade e do próprio acúmulo de sais no solo, limitando os impactos ao ambiente e ao desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento na eficiência do uso de água de boa qualidade (MURTAZA, GHAFOR; QADIR, 2006; BARBOSA, 2010; OSTER *et al.*, 2012).

A aplicação alternada de água de baixa e alta salinidade pode contribuir para lavar o excesso de sais contidos na zona radicular, favorecendo o desenvolvimento da cultura. Barbosa *et al.* (2012) trabalhando com plantas de milho durante dois ciclos consecutivos, demonstrou que o uso de águas salinas de forma cíclica permitiu a substituição de cerca de 50% de água de baixa salinidade na irrigação, sem impactos negativos sobre a produtividade da cultura. Esses resultados evidenciam que o uso cíclico de águas de alta e baixa salinidade reduz o acúmulo de Na e Cl na parte aérea das plantas de milho, reduzindo assim a toxicidade iônica nos sítios metabolicamente ativos das folhas.

Um aspecto importante que deve ser considerado quanto à utilização de fontes de água com diferentes níveis de salinidade é que genótipos de uma mesma espécie podem responder de modo diferente aos efeitos salinos, nas várias fases de seu desenvolvimento. Lacerda *et al.* (2009) e Neves *et al.* (2010) avaliaram o efeito da irrigação com água salina aplicada em

diferentes estádios de desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda e verificaram que a aplicação de água salina (CE de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo e durante a germinação e estágio inicial de crescimento provocou reduções significativas no número de vagens e na produção de sementes por planta. Por outro lado, a irrigação com água salina dos 23 aos 42 e dos 43 aos 62 dias após o plantio não afetou o crescimento e a produtividade da cultura estudada por estes autores. Esses resultados mostraram que a estratégia de uso de água salina na irrigação do feijão-de-corda, especialmente na fase de floração e frutificação, pode contribuir para obtenção de colheitas rentáveis e para reduzir o consumo de água de boa qualidade, devendo-se levar em consideração a maior sensibilidade da cultura na fase inicial do seu desenvolvimento.

Em experimento de campo utilizando-se diferentes formas de irrigação e estratégias de manejo do solo Murtaza, Ghafoor e Qadir (2006) verificaram que a produtividade do trigo e do algodão foi significativamente menor quando se utilizou água salina-sódica durante todo o ciclo, indicando impacto negativo da salinidade da água quando usada sem um manejo adequado do solo ou da irrigação. Os autores explicam que os impactos negativos na produtividade se correlacionaram com o maior acúmulo de sais no solo e maior relação de adsorção de sódio. Além disso, eles constataram que o uso de rotação de culturas pode ser mais uma alternativa para regiões de ambientes semiáridos, que apresentam problemas de salinidade. Esta estratégia se mostra bastante promissora para culturas anuais, principalmente para solos de boa drenagem ou que esteja associada a outras estratégias que favoreçam a lixiviação, podendo contribuir para aumentar a eficiência do uso da terra e a conservação do solo (LACERDA; HERNANDEZ; NEVES, 2010).

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 e o crescimento das plantas (BEZERRA *et al.*, 2003). Além disso, nas espécies sensíveis, o acúmulo de sódio e de cloreto pode produzir necrose dos tecidos foliares e pode se observar, também, aceleração da senescência de folhas maduras, fatores que reduzem a área destinada à fotossíntese (MUNNS; TERMAAT, 1986; MUNNS, 2002; BEZERRA *et al.*, 2005). Desse modo, se os efeitos osmóticos e iônicos específicos da salinidade, ultrapassam o limite de tolerância da planta, ocorrem distúrbios funcionais e injúrias, sendo que a fotossíntese é limitada não somente pelo fechamento estomático, mas, também, pelo efeito do sal sobre os cloroplastos (MUNNS; TERMAAT, 1986).

Diante do exposto, objetivou-se no trabalho avaliar as trocas gasosas, o crescimento e a produtividade em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girassol, utilizando-se estratégias de manejo da irrigação com água salina.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização da área

O estudo foi conduzido no período de setembro de 2011 a junho de 2012 na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), no município de Pentecoste, Ceará (Figura 3.1). A propriedade localiza-se a 110 km de Fortaleza, geograficamente situada entre os paralelos 3° 45' e 4° 00' de latitude Sul e os meridianos 39° 15' e 39° 30' de longitude Oeste, a uma altitude de 47 m.

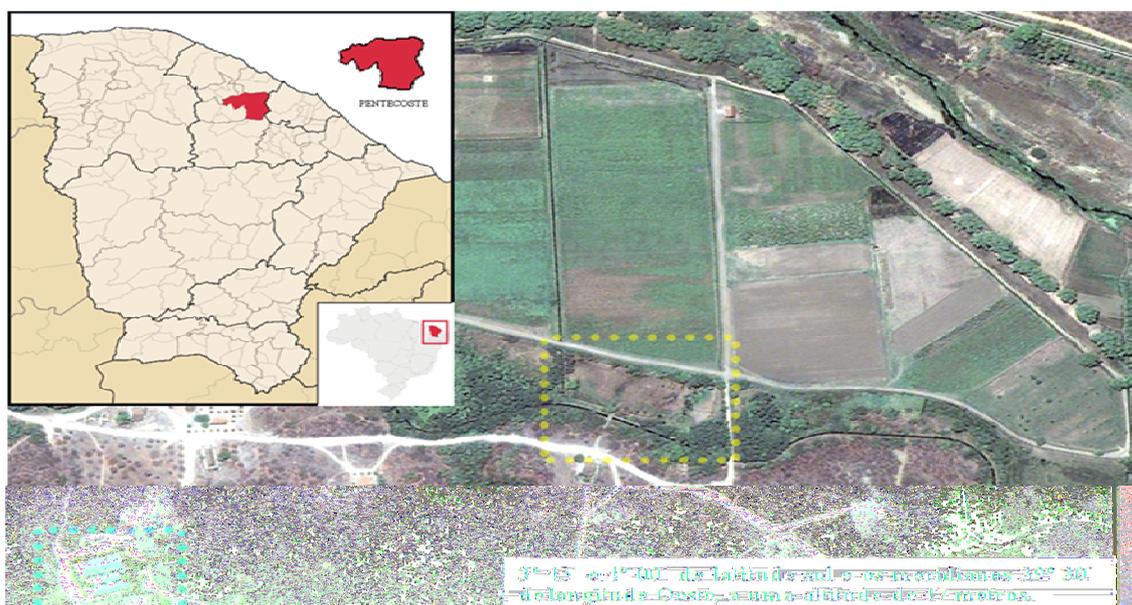


Figura 3.1 - Imagem por satélite da área experimental do setor de irrigação da FEVC-UFC. A área experimental corresponde ao quadrado com linhas pontilhadas amarelas. Fonte: Google earth (2011)

Segundo a classificação de Köppen (1948) a região possui clima do tipo BSw'h', semiárido, muito quente com chuvas de verão-outono. A precipitação média anual é de 801 mm, a evaporação média é de 1.475 mm, a temperatura média anual se situa em torno de 27,1°C e a média de umidade relativa do ar é 73,7% (EMBRAPA, 2001). A área do experimento está localizada no setor irrigado da FEVC, com predominância de solos Neossolos Flúvicos (aluviões) de textura média (EMBRAPA, 1999), ficando a 350 m distante do local de instalação do dessalinizador (Figura 3.2). O solo da área apresentava as seguintes características: textura franco arenosa, densidade do solo - 1,27 g cm⁻³, pH - 7,8, CE_{1:1} - 1,26 dS m⁻¹, PST - 6,0%, P - 1,0 mg kg⁻¹, e Ca, Mg, K e Na, 3,60, 4,10, 0,10 e 0,55 cmol_c kg⁻¹, respectivamente.



Figura 3.2 - Dessalinizador da Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2010)

Na Tabela 3.1 são apresentadas as médias mensais da temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa do ar, evaporação do tanque classe A e precipitação, registrados na Estação Meteorológica Automática da Fazenda Experimental Vale do Curu, durante o período de condução dos experimentos.

Tabela 3.1 - Média de temperatura máxima (T_{máx.}), mínima (T_{mín.}) e média (T_{méd.}), umidade relativa do ar (UR), evaporação do tanque classe A (ECA) e precipitação (PPT) obtidos no período de setembro de 2011 a junho de 2012

Ano	Meses	T _{máx.}	T _{mín.}	T _{méd.}	UR (%)	ECA (mm)	PPT
		(°C)					
2011	Setembro	38,8	22,1	31,8	56	279,3	0,0
	Outubro	38,2	22,4	32,1	66	251,5	0,0
	Novembro	31,1	24,0	28,5	68	260,1	0,0
	Dezembro	38,3	22,6	31,3	63	271,0	0,0
2012	Janeiro	37,5	23,3	30,6	68	211,4	15,4
	Fevereiro	35,7	23,1	28,4	75	155,4	278,9
	Março	34,5	23,0	28,8	80	148,6	30,4
	Abril	35,0	23,5	29,2	75	130,5	86,8
	Maiο	37,1	22,7	29,9	64	213,2	15,6
	Junho	37,5	22,9	30,2	62	215,2	0,0

Fonte: Estação meteorológica automática da Fazenda Experimental Vale do Curu-Pentecoste-CE-UFC

3.2.2. Cultivo do feijão-de-corda na estação seca

3.2.3. Material vegetal

No experimento da estação seca (setembro a novembro de 2011) foram utilizadas sementes de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar EPACE 10, cultivada em espaçamento de 0,8 x 0,3 m, com duas plantas por cova e 83.333 plantas ha⁻¹. A cultivar EPACE 10, apresenta porte semi-enramador, ciclo de 65-75 dias, e produtividade de 1000 kg ha⁻¹ sob condições de sequeiro e de 1500 a 2000 kg ha⁻¹ sob condições de irrigação, na região Nordeste (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

3.2.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com treze tratamentos e cinco repetições. Cada parcela teve as dimensões de 6,6 x 4,0 m, com cinco linhas de plantio, totalizando uma área de 1320 m² (65 parcelas). Na composição dos tratamentos foram utilizadas quatro fontes de água, conforme descrição abaixo:

A1. Água do canal de irrigação proveniente do Açude General Sampaio, com condutividade elétrica (CEa) de 0,5 dS m⁻¹;

A2. Água de rejeitos proveniente do dessalinizador instalado na FEVC com CEa de 2,2 dS m⁻¹;

A3. Água com CEa de 3,6 dS m⁻¹, obtida pela mistura do rejeito do dessalinizador com sais de NaCl e CaCl₂.2H₂O, na proporção de 7:3;

A4. Água com CEa de 5,0 dS m⁻¹, também obtida pela adição de sais ao rejeito do dessalinizador.

Utilizaram-se tratamentos estruturados (BANZATTO; KRONKA, 2006), conforme descrição abaixo:

T1. Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo (Controle);

T2. Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ (A2), durante todo o ciclo;

T3. Água com CE de 3,6 dS m⁻¹ (A3), durante todo o ciclo;

T4. Água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (A4), durante todo o ciclo;

T5. Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ na fase final do ciclo (floração e frutificação);

T6. Água com CE de 3,6 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação);

- T7. Água com CE de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, na fase final do ciclo (floração e frutificação);
- T8. Uso cíclico de A1 e A2 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A2), iniciando com A1 no plantio;
- T9. Uso cíclico de A1 e A3 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A3), iniciando com A1 no plantio;
- T10. Uso cíclico de A1 e A4 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A4), iniciando com A1 no plantio;
- T11. Uso de água com CE de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo;
- T12. Uso de água com CE de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo;
- T13. Uso de água com CE de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo.

Em cada evento de irrigação foram realizadas medições da condutividade elétrica das fontes de água, utilizando-se um condutivímetro portátil. Foram realizadas duas coletas de amostras de água, no início e no final do experimento para determinação de CE, Ca, Mg, K, Na e Cl. Os valores médios destas análises estão descritos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Atributos físico-químicos da água do canal (A1), e salina (A2, A3 e A4) utilizadas no experimento com feijão-de-corda

Atributos	Unidades	Tipos de Água			
		A1	A2	A3	A4
CE	dS m^{-1}	0,5	2,2	3,6	5,0
Ca^{2+}	$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,78	1,49	3,97	9,02
Mg^{2+}	$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,18	0,37	0,57	0,61
K^+	$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,26	0,31	0,32	0,34
Na^+	$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	2,35	10,96	16,56	23,74
Cl^-	$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	4,55	13,66	31,86	50,06

3.2.5. Preparo da área e instalação do sistema de irrigação

Antes da instalação do experimento foi realizado um roço e retirada do material da área (troncos, árvores e plantas daninhas). Em seguida, o solo foi coletado em diferentes pontos da área experimental para verificar a necessidade de adubação e de correção. No dia 04 de agosto de 2011, 30 dias antes do plantio foram realizadas aração e gradagem (Figura 3.3).



Figura 3.3 - Gradagem realizada na área experimental, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

Após o preparo da área foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento (Figura 3.4A), constituído de emissores tipo Katif, com vazão média de $4,5 \text{ L h}^{-1}$, e pressão de serviço de 15 m.c.a., com espaçamento de 0,8 m entre as linhas e 0,6 m entre gotejadores, tubos PELBD DN16 e tubos de PVC rígido. Foi instalado, também, o sistema de bombeamento constituído por bombas centrífugas de $\frac{3}{4}$ e 2,0 cv (Figura 3.4B), a caixa d'água de 5000 L para armazenamento do rejeito proveniente do dessalinizador e as três caixas de 2000 L para o armazenamento das misturas de água (Figura 3.4C) nas concentrações estabelecidas para as irrigações dos tratamentos.



Figura 3.4 - Sistema de irrigação por gotejamento (A); das bombas centrífugas de $\frac{3}{4}$ e 2 cv (B); e das caixas de 2000 e 5000 L (C) na área experimental, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2010; 2011)

3.2.6. Manejo da irrigação

As lâminas de irrigação foram definidas com base nos valores de evapotranspiração (ET_o) estimados através do método do Tanque Classe “A” e dos coeficientes da cultura (K_c) recomendados por Souza, Bezerra e Teófilo (2005) para o feijão-de-corda. A lâmina aplicada foi definida pela equação 01 e o tempo de irrigação foi calculado a partir da equação 02.

$$LB = [(K_c \times K_p \times ECA) - P_e] \times \text{ÁREA} \quad 01$$

$$TI = LB / (n^\circ \times E_a \times Q) \times 60 \quad 02$$

Em que: LB é a lâmina bruta em L; TI é o tempo de irrigação em min; K_c é o coeficiente de cultivo de acordo com o estágio fenológico da cultura feijão-de-corda, sendo os seguintes valores: 0,70 (até 12 dias após o plantio, DAP), 0,81 (de 13 até 33 DAP), 1,2 (de 34 até 54 DAP) e 0,77 (de 55 até 62 DAP).

O turno de rega utilizado foi de três dias, sendo que as plantas de todos os tratamentos foram irrigadas até a fase de maturação das vagens (novembro de 2011). Para os tratamentos com níveis salinos, em cada irrigação, a água proveniente do dessalinizador com CE de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ foi armazenada em caixas com capacidade para 2000 L, antes do início de cada irrigação com água salina, de acordo com o volume de água a ser aplicado. Os sais foram pesados em balança de precisão, dissolvido em baldes de 20 L e, logo após, adicionados nas duas caixas d'água, sendo bem misturados de modo a garantir uma boa homogeneização dos sais. As lâminas totais aplicadas e a contribuição de cada fonte de água foram contabilizadas e analisadas ao final do ciclo.

3.2.7. Adubação e demais tratos culturais

A adubação seguiu a recomendação da literatura (FERNANDES, 1993), sendo utilizadas doses de 20, 60, 30 e 10 kg ha^{-1} respectivamente para N, P_2O_5 , K_2O e FTE (micronutrientes). Os adubos foram aplicados em sulcos de 5 cm de profundidade e distanciados de 5 cm das plantas (Figura 3.5A e B).



Figura 3.5 - Adubação (A) e desbaste (B) do feijão-de-corda irrigado com água salina em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE
Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

Foram utilizados os defensivos Orthene na proporção de 1,0 mL por litro de água e Vertimec na proporção de 1,5 mL por litro de água, para o controle do pulgão e da larva minadora, respectivamente, e o acaricida/fungicida Kumulus S (3 g L^{-1}) para o controle do ácaro, com pulverizações através de uma bomba costal de 20 L com bico tipo cone cheio. Para o controle de plantas daninhas foram realizadas capinas manuais.

3.2.8. Trocas gasosas foliares

Para verificar o grau de estresse imposto ao longo do ciclo da cultura, a cada seis irrigações, o que corresponde a 15 dias, foram realizadas quatro medições de taxas de fotossíntese, transpiração e condutância estomática (Figura 3.6A e B), nas folhas completamente maduras utilizando-se analisador de gases no infravermelho portátil (IRGA), modelo Li – 6400XT (Portable Photosynthesis System-LI) da LICOR. As medições foram realizadas entre 09:00 e 12:00 horas com fonte de luz acoplada com intensidade de aproximadamente $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.



Figura 3.6 - Medição das trocas gasosas do feijão-de-corda aos 15 (A) e 30 DAP (B), em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE
Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

3.2.9. Avaliação de crescimento e produtividade

Ao final do ciclo (60 dias após o plantio) grupos de seis plantas de cada parcela útil (três fileiras centrais) foram coletados, separando-se as folhas (limbos foliares) e hastes (ramos e pecíolos) e pesados ainda no campo para a determinação do peso fresco (Figura 3.7A e B). Deste total, amostras de 100 g de cada parte da planta, foram acondicionadas em sacos de papel e, após secas em estufa a 60°C , foram pesadas para obtenção da produção de matéria seca. À medida que as vagens secavam no campo, as mesmas eram coletadas de todas as plantas da parcela útil, em seguida pesadas. Foi calculado o número de vagens por planta, tamanho da vagem, separados grãos e cascas e com estes dados foi calculada a produtividade de grãos ha^{-1} . Com os dados de produção de matéria seca das partes vegetativas e reprodutivas calculou-se a partição de matéria seca e o índice de colheita.



Figura 3.7 - Coleta de plantas (A) e pesagem (B) de feijão-de-corda irrigadas com água salina ao final do ciclo em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

3.2.10. Eficiência no uso da água

As eficiências de uso de água (EUA), tanto para produção primária (EUAp) como para produção de grãos (EUAg) foram calculadas, relacionando a produção primária (matéria seca total) e a lâmina total de água aplicada (EUAp) e a produção de grãos e a lâmina total de água aplicada (EUAg), sendo expressas em kg de matéria seca produzida/mm de água aplicada.

3.2.11. Cultivo do girassol na estação chuvosa

3.2.11.1. Material vegetal

Na estação chuvosa de 2012 (março a junho) foi cultivado o girassol, cultivar Catissol, com o objetivo de verificar o efeito residual da aplicação de água salina utilizada no cultivo do feijão-de-corda. A cultivar Catissol caracteriza-se por possuir um ciclo precoce para produção de grãos de 100 a 110 dias, com produtividade sob sequeiro de 1500 kg ha⁻¹, podendo atingir 2200 a 3000 kg ha⁻¹ sob condições de irrigação (ACOSTA, 2009).

O cultivo foi realizado nas mesmas parcelas em que foram cultivadas o feijão-de-corda, as quais permaneceram demarcadas e identificadas. O espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre linhas de plantio x 0,3 m entre plantas na linha de cultivo, com uma planta por cova, com uma densidade de plantio de 41.666 plantas ha⁻¹.

3.2.11.2. Adubação e demais tratos culturais

A adubação seguiu a recomendação da literatura (FERNANDES, 1993), sendo utilizados doses de 20, 50, 70 e 10 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O e FTE (micronutrientes), respectivamente, e de acordo com os resultados da análise de solo. Os adubos foram aplicados em sulcos de 5 cm de profundidade e distanciados de 5 cm das plantas (Figura 3.8A e B).

Durante a realização do experimento foram realizadas capinas manuais e de acordo com a necessidade foram feitas aplicações de defensivos, seguindo as recomendações sugeridas por Leite, Brighenti e Castro (2005), mediante a realização de pulverizações com os defensivos Orthene e Vertimec para combater o ataque de pragas e doenças.



Figura 3.8 - Adubação do girassol (A e B) em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE
Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

3.2.11.3. Irrigação suplementar

Em função da baixa quantidade de chuvas no ano de 2012 foi realizada irrigação suplementar com água do canal (A1), sendo as lâminas definidas com base na evaporação do tanque classe A e nos coeficiente da cultura definidos por Acosta (2009): 0,61 (até 16 DAP), 0,87 (de 17 até 42 DAP), 0,83 (de 43 até 68 DAP), 0,77 (69 até 111 DAP). Foi utilizado o mesmo sistema de irrigação empregado no cultivo do feijão-de-corda.

3.2.11.4. Trocas gasosas foliares

Foi realizada uma medição das trocas gasosas foliares do girassol, aos 60 DAP nas folhas completamente maduras (Figura 3.9). As medições foram realizadas entre 09:00 e 12:00 horas, utilizando-se um analisador de gases no infravermelho portátil (IRGA), modelo Li – 6400XT (Portable Photosynthesis System-LI) da LICOR, com fonte de luz acoplada com intensidade de aproximadamente $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Foi feito o cálculo da eficiência momentânea de uso de água, que considera a relação entre a taxa de fotossíntese líquida e a taxa de transpiração e eficiência intrínseca do uso de água, que considera a relação entre a taxa de fotossíntese líquida sobre a condutância estomática.



Figura 3.9 - Medição das trocas gasosas foliares de plantas de girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE
Foto: NEVES, A. L. R. (2012)

3.2.11.5. Avaliação de crescimento e produtividade

Aos 63 DAP foi realizada a medição da altura das plantas (AP), sendo considerada a distância vertical do nível do solo até a altura da inserção do capítulo no caule. Foram amostradas oito plantas por parcela inseridas na área útil do experimento, por meio de uma trena com resolução igual a 0,1 cm, e o diâmetro do caule (DC), medido sempre a 5 cm do solo, utilizando-se um paquímetro digital com resolução igual à 0,01 mm. Também aos 63

DAP foram medidos horizontalmente o diâmetro interno do capítulo (DICAP) e o diâmetro externo do capítulo (DECAP), utilizando-se uma régua (Figura 3.10A, B, C e D).



Figura 3.10 - Medição da altura da planta (A), do diâmetro do caule (B), diâmetro interno capítulo (C) e diâmetro externo do capítulo (D) de plantas de girassol em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2012)

Ao final do ciclo da cultura (111 DAP), grupos de seis plantas foram coletados na parcela útil (três fileiras centrais) (Figura 3.11A, B e C), sendo as plantas divididas em folhas, caules e capítulos colocados separadamente em sacos de papel devidamente identificados sendo em seguida, as folhas e os caules colocados em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, para determinação da matéria seca e, após este procedimento todos os materiais foram pesados. Foi estimada a produtividade por hectare e, através de contagem manual e pesagem, avaliou-se o peso de 1000 aquênios.



Figura 3.11 - Plantas de girassol ao final do ciclo, antes da coleta (A e B) e plantas sendo coletadas (C), em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2012)

3.2.12. Condutividade elétrica do solo

Foi realizada a medição *in situ* da condutividade elétrica do solo, mediante o uso de um condutivímetro portátil modelo Wet sensor HH2 Moisture Meter (AT Delta-T Devices, Cambridge, England) na profundidade de 10 cm em todas as parcelas (Figura 3.12).



Figura 3.12 - Medição da condutividade elétrica do solo durante o experimento com feijão-de-corda (A) e girassol (B) em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE

Foto: NEVES, A. L. R. (2011 e 2012)

3.2.13. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $P \leq 0,05$, utilizando-se como ferramenta de apoio o programa ASSISTAT 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Condutividade elétrica do solo

Na Tabela 3.3, se encontram os dados de condutividade elétrica do solo medida *in situ* com um sensor na profundidade de 10 cm. A salinidade na camada superficial do solo após o experimento com feijão-de-corda, variou de 1,50 dS m⁻¹ (T1) a 6,18 dS m⁻¹ (T4).

A irrigação com água salina de 5,0 dS m⁻¹ durante todo ciclo (T4) e aplicada após 11 DAP (T13), durante o cultivo do feijão-de-corda na estação seca, provocou aumento na salinidade na camada superficial do solo (Tabela 3.3). No entanto, as respostas variaram entre os tratamentos avaliados, refletindo a duração do período em que se utilizou água salina.

Quando a água salina com CE de 2,2 dS m⁻¹ foi aplicada durante todo ciclo (T2), verificou-se valores de CE na camada superficial similares aos do tratamento com água do canal (T1) (Tabela 3.3). Por outro lado, a salinidade do solo decresceu em todos os tratamentos após o cultivo do girassol, em consequência da lixiviação dos sais causada pelas chuvas e irrigações complementares nos meses de março a junho de 2012.

Tabela 3.3 - Condutividade elétrica do solo (CEs) na profundidade de 10 cm de um Neossolo Flúvico (aluvião) de textura média após o cultivo do feijão-de-corda (novembro de 2011) e após o cultivo do girassol (junho 2012)

CE _s (dS m ⁻¹)												
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Depois do cultivo do feijão-de-corda (Nov/2011)												
1,50	2,60	4,19	6,18	2,97	2,90	2,55	2,60	3,37	3,44	3,57	4,22	5,93
Depois do cultivo do girassol (Jun/2012)												
1,38	1,43	1,50	1,41	1,35	1,32	1,31	1,44	1,30	1,25	1,39	1,46	1,33

Os resultados da salinidade na camada superficial do solo (Tabela 3.3) evidenciam que a aplicação de água salina pode promover um aumento nos valores de condutividade elétrica em níveis que podem provocar a degradação do solo e prejudicar o desenvolvimento das culturas (RICHARDS, 1954; SANTOS; HERNANDEZ, 1997; AYERS; WESTCOT, 1999; CHEN *et al.*, 2009). 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, aplicação da água salina apenas no estágio final podem reduzir o impacto sobre o solo (MURTAZA;

GHAFOOR; QADIR, 2006; MALASH; FLOWERS; RAGAB, 2008;). 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; GHEYI; SILVA, 2000; BARROS *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2005; MURTAZA; GHAFOOR; QADIR, 2006) também devem ser consideradas no desenvolvimento de estratégias de longo prazo, notadamente quando as condições de drenagem são favoráveis.

Chen *et al.* (2010) verificaram que a irrigação com água doce após a colheita do algodão, reduziu significativamente a acumulação de sal no perfil, e esta prática foi mais eficiente na lixiviação dos sais do que aplicação de água extra durante o cultivo. Kang, Chen e Wan (2010), em experimento de campo, mostraram que a salinidade do solo aumentou ao final do primeiro ano de experimento, mas decresceu no segundo ano de estudo, por conta da lixiviação ocasionada pelas águas das chuvas.

3.3.2. Cultivo do feijão-de-corda na estação seca

3.3.2.1. Trocas gasosas foliares

A condutância estomática (g_s), a taxa de fotossíntese líquida (A) e a taxa de transpiração (E), foram influenciadas pelos tratamentos e épocas de leitura ao longo do ciclo da cultura (Tabela 3.4). Não foram observados efeitos significativos da interação tratamento x época, para fotossíntese (A) e transpiração (E), indicando que as respostas dos tratamentos não diferiram nas medições realizadas ao longo do ciclo da cultura. Porém, a condutância estomática apresentou interação significativa dos tratamentos e épocas de leitura. A eficiência de uso de água momentânea (EUAm) não foi influenciada pelos tratamentos e sim pela época de leitura e sua interação com os tratamentos. A eficiência de uso de água intrínseca (EUAi), que considera a taxa de fotossíntese líquida e a condutância estomática foi influenciada tanto pelos tratamentos aplicados como pela época de leitura.

Tabela 3.4 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), e eficiência de uso de água momentânea (EUAm) e intrínseca (EUAi) obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Variáveis	Quadrado médio					
	Tratamentos	Época	Trat x época	Blocos	Resíduo	CV (%)
gs	0,28**	11,67**	3,58**	0,22**	0,05	30,08
A	32,05**	228,39**	5,94ns	28,26**	5,48	9,81
E	4,58**	386,97**	1,09ns	17,52**	1,10	10,95
EUAm	0,10ns	80,46**	0,05**	0,98**	0,20	16,29
EUAi	230,77**	30455,34**	62,43ns	378,70**	51,64	16,45

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

A Figura 3.13 demonstra que a aplicação contínua de água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (T4) e a aplicada após o plantio até o final do ciclo (T13) reduziu a taxa fotossintética e a taxa de transpiração, em relação à aplicação de água de baixa salinidade CE de 0,5 dS m⁻¹ (T1), e os demais tratamentos. A aplicação de água salina apenas no final do ciclo e de forma cíclica (T5, T6, T7, T8, T9 e T10), tanto para a fotossíntese como para a transpiração não apresentou diferença entre a aplicação de água com CE de 0,5 dS m⁻¹ (T1).

A redução na taxa fotossintética nos tratamentos com a aplicação contínua de água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (T4) e aplicada após o plantio até o final do ciclo (T13), pode ser decorrente do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos e iônicos da salinidade, e da toxidez iônica sobre o metabolismo (PLAUT; GRIEVE; MAAS, 1990; BEZERRA *et al.*, 2005; GUIMARÃES, 2005; WILSON *et al.*, 2006b). Entretanto, as reduções nas taxas de fotossíntese foram bem menos expressivas do que aquelas observadas no crescimento vegetativo, o que confirma observações de outros autores (BEZERRA *et al.*, 2003; BEZERRA *et al.*, 2005; LACERDA *et al.*, 2006; ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007).

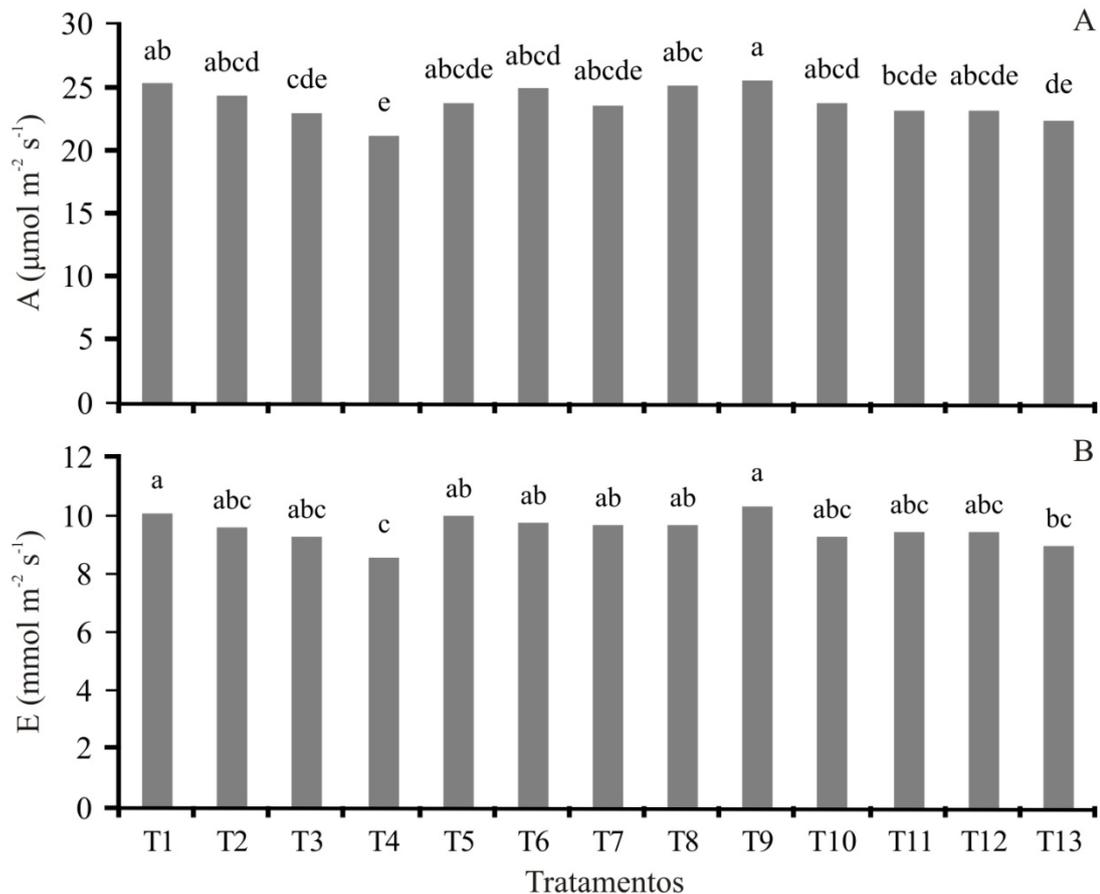


Figura 3.13 - Taxa de fotossíntese líquida (A) e taxa de transpiração (E), em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T13). *Barras com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

T1-Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo (Controle); T2-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ (A2), durante todo o ciclo; T3-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹ (A3), durante todo o ciclo; T4-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (A4), durante todo o ciclo; T5-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ na fase final do ciclo (floração e frutificação); T6-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T7-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T8-Uso cíclico de A1 e A2 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A2), iniciando com A1 no plantio; T9-Uso cíclico de A1 e A3 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A3), iniciando com A1 no plantio; T10-Uso cíclico de A1 e A4 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A4), iniciando com A1 no plantio; T11-Uso de água com CE de 2,2 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T12-Uso de água com CE de 3,6 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T13-Uso de água com CE de 5,0 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo.

Vale ressaltar que os maiores valores de condutância estomática aos 45 e 60 DAP, se devem em parte ao uso de outro modelo do equipamento (IRGA, ADC System) e também ao fato do dia está nublado e ter sido necessário utilizar luz artificial (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Condutância estomática (gs), em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função da época de medição (dias após o plantio, DAP)

Tratamentos*	gs ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	15 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
T1	0,43bA**	0,39bA	1,46aA	1,19aABC
T2	0,40bA	0,41bA	1,24aABC	1,08aABCD
T3	0,38bA	0,32bA	0,99aBC	0,89aBCD
T4	0,30bA	0,28bA	0,81aC	0,78aCD
T5	0,40cA	0,39bA	1,06bBCD	1,49aA
T6	0,44bA	0,38bA	1,38aAB	1,19aABC
T7	0,40bA	0,37bA	1,23aABC	0,89aBCD
T8	0,44bA	0,38bA	1,42aAB	1,36aAB
T9	0,44bA	0,39bA	1,28aAB	1,26aAB
T10	0,43bA	0,35bA	1,29aAB	0,66bD
T11	0,36cA	0,32bA	1,25aABC	0,76bCD
T12	0,37bA	0,34bA	0,99aBC	0,77aCD
T13	0,36bcA	0,25cA	1,06aABC	0,71aBD

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas para época de leitura, e minúsculas, nas linhas para tratamentos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

O tratamento em que se utilizou água salina após a germinação até o final do ciclo (T13) apresentou o menor valor de condutância estomática aos 30 DAP, em relação aos outros tratamentos aplicados ao feijão-de-corda. Aos 45 e 60 DAP o tratamento em que se utilizou água salina ao nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo ciclo apresentou o menor valor de condutância estomática. E aos 60 DAP, nos tratamentos em que se usou a água salina de forma cíclica de A1 e A4, iniciando com A1 no plantio (T10), e nos tratamentos com uso de água com CE de 2,2, 3,6 e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, aplicada após o plantio até o final do ciclo, T11, T12 e T13 respectivamente, apresentaram os menores valores.

A eficiência de uso de água momentânea apresentou diferença ao longo do ciclo de acordo com os dias de observação e teve seus maiores valores observados aos 45 DAP, o que está relacionado à maior demanda da cultura nesta fase de intenso crescimento vegetativo. Não houve diferença entre os tratamentos aplicados (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Eficiência momentânea de uso da água (EUAm) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função da época de medição (dias após o plantio, DAP)

Tratamentos*	EUAm ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$)			
	15 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
T1	2,06bA**	2,03bA	4,34aA	2,56bA
T2	2,12bA	2,00bA	4,28aA	2,75bA
T3	1,90bA	2,09bA	4,38aA	2,42bA
T4	1,96bA	1,96bA	4,50aA	2,50bA
T5	1,91bA	2,04bA	4,09aA	2,29bA
T6	2,13bA	2,01bA	4,51aA	2,64bA
T7	2,08bA	1,94bA	4,34aA	2,26bA
T8	2,19bA	2,04bA	4,49aA	2,65bA
T9	2,18bA	2,03bA	4,24aA	2,38bA
T10	2,12bA	2,04bA	4,32aA	2,62bA
T11	1,89bA	1,97bA	4,40aA	2,48bA
T12	1,98bA	2,01bA	4,55aA	2,38bA
T13	1,97bA	1,99bA	4,27aA	2,56bA

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas para época de leitura, e minúsculas, nas linhas para tratamentos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

Os valores de taxa de fotossíntese líquida e transpiração estão coerentes com as épocas de leitura sendo acompanhados pela eficiência de uso da água momentânea e intrínseca, a condutância estomática, porém, sofreram alterações devido ao fato da troca de modelo de equipamento por ocasião da leitura e utilização de luz artificial (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), Eficiência momentânea de uso da água (EUAm) e Eficiência intrínseca de uso da água (EUai) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda, irrigadas com água salina, em função da época de medição (dias após o plantio, DAP)

DAP	gs ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	EUAm ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$)	EUai ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}$)
15	0,39c*	21,77c	10,86b	2,04c	55,44b
30	0,35c	23,33b	11,63a	2,01c	68,26a
45	1,19a	26,27a	6,11d	4,36a	24,26c
60	1,00b	24,11b	9,78c	2,50b	26,77c

*Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

À medida que as folhas crescem sua capacidade para produzir fotoassimilados aumenta até o alcance da maturidade, que consiste em seu crescimento final, fase na qual as taxas fotossintéticas começam então a decrescer. Folhas velhas e senescentes eventualmente tornam-se amarelas e são incapazes de realizar a fotossíntese, pois a clorofila é degradada e o cloroplasto passa a perder sua funcionalidade (TAIZ; ZEIGER, 2010).

3.3.2.2. Crescimento e produtividade

Verifica-se na Tabela 3.8 que a produção de matéria seca de folhas (MSF), de hastes (MSH), vegetativa (MSVEG), de cascas (MSC), de grãos (MSG), reprodutiva (MSREP) e total (MST), por planta, e a produtividade estimada por hectare (PROD) foram influenciadas pelos tratamentos aplicados ao longo do ciclo da cultura ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3.8 - Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos efeitos dos tratamentos para a matéria seca de folhas (MSF), de hastes (MSH), vegetativa (MSVEG), de casca (MSC), de grãos (MSG), reprodutiva (MSREP), e total (MST) e a produtividade (PROD) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Variáveis	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV (%)
MSF	25,26**	2,93ns	3,02	15,73
MSH	111,23**	33,21ns	18,30	23,77
MSVEG	7,83**	1,51ns	30,14	18,90
MSC	1,79**	0,40ns	0,39	15,85
MSG	21,96**	3,97ns	2,64	11,78
MSREP	8,31**	1,58ns	4,26	11,30
MST	10,14**	1,46ns	40,03	13,50
PROD	152523,88**	27577,78ns	18331,07	11,78

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

O aumento da salinidade da água de irrigação, aplicada de forma contínua, proporcionou redução na produção de matéria seca das plantas, com os menores valores sendo observados no tratamento com aplicação de água com CE de 5,0 dS m⁻¹ apresentando uma correlação forte com a condutividade elétrica ponderada tanto para a MST como para a PROD apresentando valores de -1,18 e -1,06, respectivamente (Tabela 3.9 e figura 3.14). Essa tendência foi observada tanto nos tratamentos em que se aplicou continuamente água salina desde o plantio (T2, T3 e T4) como naqueles em que a irrigação com essas águas foi iniciada

após a germinação (T11, T12 e T13). 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 CO₂, 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 (MUNNS, 2002; LACERDA *et al.*, 2006; WILSON *et al.*, 2006b).

Tabela 3.9 - Matéria seca de folhas (MSF), de hastes (MSH), de casca (MSC), de grãos (MSG) e total (MST) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina e CE ponderada

Tratamentos*	MSF	MSH	MSC	MSG	MST	CE
	g planta ⁻¹					
T1	12,92a**	22,68a	4,79a	15,39ab	55,77a	0,50
T2	10,54abc	17,15abc	3,81abc	13,89abc	45,43ab	2,20
T3	11,68ab	17,26abc	2,89c	11,05cd	42,89abc	3,60
T4	6,75c	8,12c	2,98c	10,24d	28,09d	5,00
T5	13,04a	21,71a	4,51a	16,80a	56,07a	1,08
T6	13,78a	21,87a	3,92abc	13,74abcd	53,32ab	1,56
T7	13,59a	21,40a	4,35ab	14,96ab	54,31ab	2,03
T8	11,79ab	22,99a	4,25abc	14,62abc	53,64ab	1,30
T9	11,17ab	18,03ab	3,79abc	13,96abc	46,94ab	1,96
T10	10,41abc	19,09a	3,97abc	12,74bcd	46,24ab	2,62
T11	11,69ab	19,01ab	4,78a	17,01a	52,51ab	1,95
T12	8,82bc	14,96abc	3,96abc	13,81abcd	41,62bcd	3,14
T13	7,31c	9,65bc	3,45abc	11,07cd	28,10d	4,33

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

Verifica-se, ainda, que as reduções no crescimento vegetativo provocadas pela salinidade foram maiores do que no crescimento reprodutivo (Tabela 3.9). Esses resultados divergem dos encontrados por Neves *et al.* (2009) que verificaram que a aplicação de água de elevada salinidade resultou em reduções de 40 e 46%, respectivamente, para hastes + folhas e para vagens. No entanto, se assemelham os obtidos por Assis Júnior *et al.* (2007), visto que esses autores verificaram que a irrigação com água salina (CE de 5,0 dS m⁻¹) provocou maior redução no crescimento vegetativo do que no reprodutivo, com conseqüente aumento no índice de colheita. Por outro lado, Bezerra *et al.* (2010) encontraram reduções semelhantes

entre as partes vegetativa e reprodutiva, indicando que essa resposta pode variar em função das condições de cultivo.

Comprando-se as duas estratégias de manejo de irrigação, verifica-se que nos tratamentos em que se utilizaram águas de elevada salinidade apenas nos estádio de floração e frutificação (T5, T6 e T7), os resultados foram estatisticamente semelhantes ao controle, mesmo quando se utilizou água de maior salinidade (Tabela 3.9). Por outro lado, a utilização de águas de baixa e alta salinidade de forma cíclica também apresentou resultados semelhantes ao controle, porém com leve tendência de queda. Comparando-se a produção de grãos, por exemplo, verifica-se que o uso contínuo de água de elevada salinidade (T4) reduziu em cerca de 34% a produção de matéria seca, enquanto que quando essa fonte de água foi aplicada apenas nos estádios finais do ciclo (T7) ou de forma cíclica (T10) as reduções foram de 3 e 17%, respectivamente, todos comparados ao controle. Para a matéria seca total se verificam reduções de 50,3 e 17% para os mesmos tratamentos, respectivamente.

A eficiência da estratégia do uso cíclico de águas de baixa e alta salinidade tem sido demonstrada em outros estudos (MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; BARBOSA *et al.*, 2012). De acordo com estes últimos autores, esta estratégia resulta em menor absorção de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) pelas plantas e reduz o acúmulo de sais no solo, resultando em menores efeitos sobre as plantas. Por outro lado, muitas experiências têm demonstrado que a aplicação de águas salinas apenas nas fases de maior tolerância reduz consideravelmente os efeitos da salinidade sobre as plantas (PORTO FILHO *et al.*, 2006; NEVES *et al.*, 2008; LACERDA *et al.*, 2009), fato também comprovado no presente estudo.

Os valores de produtividade variaram de 850 a 1400 kg ha⁻¹ (Figura 3.14), sendo inferiores aos encontrados por outros autores para a cultivar Epace 10 (ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007; NEVES *et al.*, 2008; LACERDA *et al.*, 2009), no Estado do Ceará, e também abaixo da faixa de 1500 a 2000 kg ha⁻¹ sob condições de irrigação na região Nordeste (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

De acordo com a Figura 3.14 verifica-se que a aplicação de água com até 2,2 dS m⁻¹, mesmo de forma contínua, teve pequena influência na produtividade do feijão-de-corda. Porém, as águas com maiores salinidades resultaram em queda de rendimento, principalmente quando aplicadas continuamente. Em relação ao controle, a aplicação de água com 5,0 dS m⁻¹ desde o plantio (T4) e após a germinação (T13) resultou em reduções de 34 e 28% na produtividade, respectivamente. A mesma fonte de água utilizada no estádio de maior tolerância (T7) ou de forma cíclica (T10) resultou em reduções da ordem de 3 e 17%, respectivamente. Lacerda *et al.* (2009), em estudo realizado com feijão-de-corda e aplicação

de água salina ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, constataram que a aplicação de água salina na fase reprodutiva permitiu maior economia de água de boa qualidade, sem causar impacto negativo na produtividade de grãos pela cultura (Figura 3.14). Murtaza, Ghafoor e Qadir (2006) e Barbosa *et al.* (2012) encontraram resultados similares aos do presente estudo com a utilização cíclica de águas de baixa e alta salinidade nas culturas do algodão e do milho, respectivamente. Isso demonstra a eficiência dessas estratégias de uso de águas de diferentes qualidades.

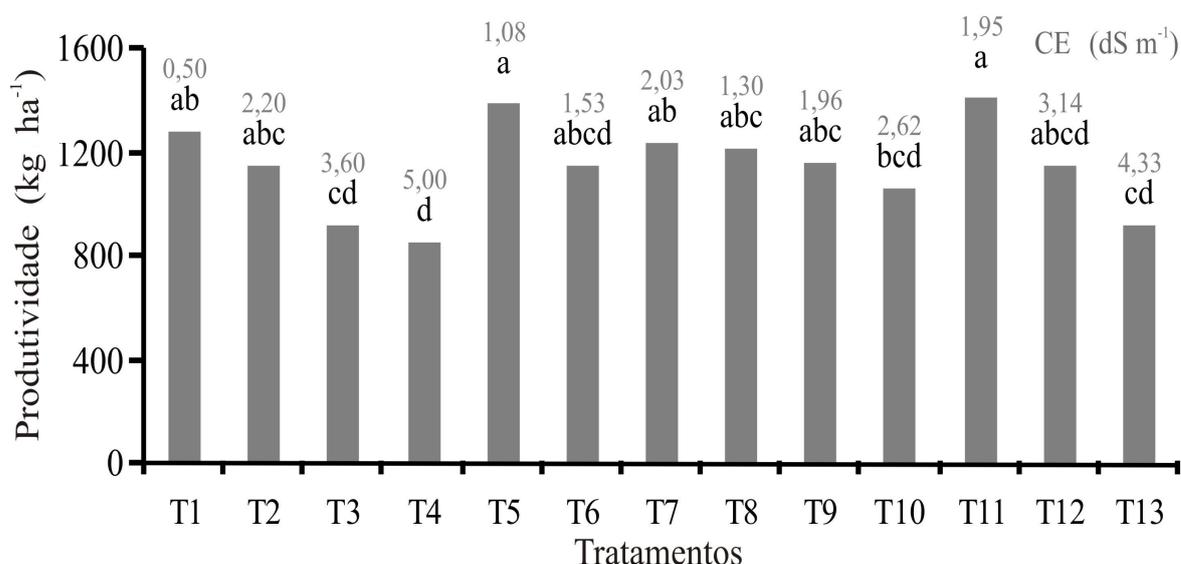


Figura 3.14 - Produtividade de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE. Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13.

O número de vagens por planta foi influenciado significativamente pelos tratamentos, no entanto, o tamanho da vagem (valor médio de 19,4 cm) não apresentou diferença significativa (Tabela 3.10). O resultado para o tamanho da vagem está de acordo com os obtidos por Assis Júnior *et al.* (2007), Neves *et al.* (2008), Bezerra *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2011), que não verificaram influência da salinidade nesta variável, trabalhando com o feijão-de-corda.

Na Tabela 3.11 verifica-se que a aplicação contínua de água salina reduz o número de vagens por planta, resultado similar ao obtido por Maas e Poss (1989). A produtividade dos grãos do feijão-de-corda resulta do número de vagens por unidade de área, do número de grãos por vagens e do peso médio dos grãos (CARDOSO *et al.*, 2005). No presente estudo verifica-se uma forte concordância entre os dados de produtividade (Figura 3.14) e os dados de número de vagens por planta, com as menores produtividades sendo

observadas naqueles tratamentos que resultaram em menor produção de vagens. Esse resultado demonstra que a salinidade afeta a emissão de ramos reprodutivos, sendo esse componente determinante para a redução na produtividade (ASSIS JUNIOR *et al.*, 2007).

Tabela 3.10 – Resumo da análise de variância para o número de vagens por planta (NVP), tamanho da vagem (TV) e total de matéria seca de grãos por planta (MSG) em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Variáveis	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV
NVP	7,30**	1,87ns	0,99	16,09
TV	0,48ns	0,19ns	0,45	3,45

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Tabela 3.11 - Número de vagens por planta (NVP), tamanho da vagem (TV) em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	NVP	TV (cm)
T1	7,33 ab**	20,08 a
T2	5,99 abc	19,37 a
T3	5,53 bcd	19,12 a
T4	3,38 d	18,8 a
T5	8,15 a	19,6 a
T6	5,26 bcd	19,2 a
T7	6,77 abc	19,2 a
T8	6,61 abc	19,6 a
T9	6,66 abc	19,4 a
T10	6,09 abc	19,6 a
T11	7,27 ab	19,4 a
T12	6,16 abc	19,6 a
T13	5,07 cd	19,2 a

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

A partição de matéria seca de folha (PF), haste (PH) e casca (PC) e o índice de colheita (IC) foram influenciados pelos tratamentos ao nível de 1% de significância (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 – Resumo da análise de variância para a partição de matéria seca de folha (PF), de haste (PH) e de casca (PC) e o índice de colheita (IC) em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Variáveis	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV
PF	14,99**	17,83ns	5,21	10,48
PH	77,34**	27,74ns	21,19	13,31
PC	5,11**	1,04ns	1,09	13,13
IC	71,40**	24,67ns	15,89	11,18

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

De modo geral, verificaram-se pequenas variações na partição de matéria seca entre a maioria dos tratamentos (Tabela 3.13), com os valores obtidos se aproximando daqueles obtidos por outros autores com a mesma cultura (Bezerra *et al.*, 2010). No entanto, nos tratamentos em que se utilizaram águas com maiores concentrações de sais, de forma contínua (T4 e T13), verificaram-se reduções consideráveis na percentagem de hastes e aumento no índice de colheita. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Assis Júnior *et al.* (2007) que verificaram alteração na partição de fotoassimilados que resultou em um aumento de cerca de 10% no índice de colheita, passando de 43% nas plantas irrigadas com água do poço para 47,2% nas plantas irrigadas com água de elevada salinidade (5,0 dS m⁻¹). De forma contrária, Neves *et al.* (2009) e Bezerra *et al.* (2010) encontraram valores de índice de colheita de 40 e 35%, respectivamente, sem qualquer influência do aumento da salinidade na partição de fotoassimilados.

Tabela 3.13 - Partição de matéria seca de folha (PF), de haste (PH) e de casca (PC) e o índice de colheita (IC) em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	PF	PH	PC	IC
	(%)			
T1	21,39abc**	37,22ab	7,87abc	33,52bc
T2	21,46abc	34,59abc	7,81abc	36,14abc
T3	25,49a	36,87ab	6,42c	31,21c
T4	21,82abc	26,02c	9,62ab	42,53a
T5	21,67abc	35,34abc	7,48bc	35,51abc
T6	24,61ab	37,83a	6,48c	30,73c
T7	23,12abc	36,39ab	7,45bc	33,03c
T8	20,30bc	39,09a	7,44bc	33,17bc
T9	22,02abc	35,58abc	7,46bc	34,94abc
T10	20,89abc	37,52ab	7,99abc	33,59bc
T11	20,24bc	32,92abc	8,43abc	38,41abc
T12	19,46c	32,82abc	8,70abc	39,01abc
T13	20,64abc	27,51bc	9,97a	41,87ab

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

3.3.2.3. Eficiência no uso da água

A contribuição da água salina para a lâmina total de irrigação variou de 0 a 100% nos diferentes tratamentos (Tabela 3.14). Os tratamentos T2, T3 e T4 tiveram 100% de sua lâmina de água aplicada com água salina. Os tratamentos T5, T6, e T7 que receberam água salina somente no estádio mais tolerante da cultura tiveram uma lâmina de 34,1%. Os tratamentos T8, T9 e T10 que receberam água salina de forma cíclica, receberam 47,1% de água salina. E os tratamentos T11, T12 e T13, que receberam água salina após a germinação a lâmina aplicada foi de 85% água salina.

Os resultados da Tabela 3.14 demonstram a possibilidade de substituição de água de boa qualidade por água de elevada salinidade variando de 34 a 47%, permitiu maior

economia de água de boa qualidade, sem impactos na produtividade de grãos da cultura (Figura 3.14). Isso demonstra a eficiência da estratégia de uso de águas de diferentes qualidades, levando em conta a tolerância da cultura a cada estágio de desenvolvimento (MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006). Lacerda *et al.* (2009) também verificaram que a aplicação de água salina na fase final do ciclo do feijão-de-corda resultou numa substituição de 40% de água de boa qualidade, sem impacto na produtividade, resultado semelhante ao observado no presente estudo. Barbosa *et al.* (2012) verificaram que a substituição de 46% da água doce por água de elevada salinidade (4,5 dS m⁻¹), aplicada de forma alternada, não afetou o rendimento do milho, porém quando a substituição foi de 54% já houve uma redução de 16% no rendimento da cultura. Esses resultados parecem indicar que existe um limite de substituição de águas doce por salina, a partir do qual os efeitos da salinidade passam a acontecer.

Tabela 3.14 - Contribuição das águas de poço e salina para a lâmina total de irrigação (mm) dos diferentes tratamentos em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

CE ponderada	Trat*	Tipos de água				Lâmina total – (mm)
		A1	A2	A3	A4	
0,50	T1	375,7 (100) ¹	---	---	---	375,7
2,20	T2	---	375,7 (100)	---	---	375,7
3,60	T3	---	---	375,7 (100)	---	375,7
5,00	T4	---	---	---	375,7 (100)	375,7
1,08	T5	247,6 (65,9)	128,1 (34,1)	---	---	375,7
1,56	T6	247,6 (65,9)	---	128,1 (34,1)	---	375,7
2,03	T7	247,6 (65,9)	---	---	128,1 (34,1)	375,7
1,30	T8	198,6 (52,9)	177,1 (47,1)	---	---	375,7
1,96	T9	198,6 (52,9)	---	177,1 (47,1)	---	375,7
2,62	T10	198,6 (52,9)	---	---	177,1 (47,1)	375,7
1,95	T11	56,3 (15)	319,4 (85)	---	---	375,7
3,14	T12	56,3 (15)	---	319,4 (85)	---	375,7
4,33	T13	56,3 (15)	---	---	319,4 (85)	375,7

¹ Valores entre parênteses representam os percentuais em relação à lâmina total aplicada. *Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13.

Os resultados da Tabela 3.15 demonstram uma economia de água de boa qualidade nos tratamentos que utilizaram as estratégias de uso de água salina apenas no estágio mais tolerante e uso cíclico, e aplicação após a germinação, pois não houve diferença significativa na eficiência do uso da água levando-se em consideração a produção primária (matéria seca total) (EUA_P) e na eficiência do uso da água quando se leva em consideração a produção de grãos (EUA_G). Os menores valores de EUA_P e EUA_G foram observados nos tratamentos com uso contínuo de água de elevada salinidade, tanto aplicado desde o plantio(T4) como após a germinação (T13) até o final do ciclo.

Tabela 3.15 - Matéria seca total (MST), matéria seca de grãos (MSG) e eficiência no uso da água considerando a produção de matéria seca total (EUA_P) e a produção de grãos (EUA_G) ao final do ciclo de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	MST (kg ha⁻¹)	MSG (kg ha⁻¹)	EUA_P (kg ha⁻¹ mm⁻¹)	EUA_G (kg ha⁻¹ mm⁻¹)
T1	4645,87a**	1281,76ab	12,35a	3,40ab
T2	3784,37ab	1157,78abc	10,06ab	3,07abc
T3	3572,58abc	920,43cd	9,50abc	2,44cd
T4	2340,37d	853,03d	6,22d	2,26d
T5	4670,62a	1399,81a	12,42a	3,72a
T6	4441,63ab	1144,71abcd	11,81ab	3,04abcd
T7	4524,02ab	1246,54ab	12,03ab	3,31ab
T8	4468,53ab	1217,52abc	11,88ab	3,23abc
T9	3910,38ab	1162,62abc	10,39ab	3,09abc
10	3851,70ab	1061,71bcd	10,24ab	2,82bcd
T11	4373,68ab	1417,33a	11,63ab	3,76a
T12	3467,24bcd	1150,68abcd	9,22bcd	3,06abcd
T13	2622,18cd	922,53cd	6,97cd	2,45cd

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 3.13. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

3.3.3. Cultivo do girassol na estação chuvosa

3.3.3.1. Trocas gasosas foliares

O resumo da análise de variância demonstra que as diferentes estratégias de irrigação com águas salinas na estação seca afetaram as variáveis fisiológicas do girassol durante a estação chuvosa (Tabela 3.16), com efeitos significativos para condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), eficiência de uso de água momentânea (EUAm) e eficiência de uso de água intrínseca (EUAi).

Somente o tratamento em que se irrigou com água salina de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo ciclo (T4) é que se pode observar efeito residual do sal aplicado por ocasião do plantio de feijão-de-corda na estação anterior (Tabela 3.17). Este efeito pode estar associado ao baixo índice pluviométrico na região para a época de cultivo do girassol, sendo a redução nas trocas gasosas consequência dos efeitos osmóticos relacionados ao total de sais acumulados no solo.

Tabela 3.16 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), eficiência momentânea de uso da água (EUAm) e eficiência intrínseca de uso da água (EUAi) em folhas de plantas de girassol

Variáveis	Quadrado médio			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV (%)
g_s	0,15**	0,10**	0,02	11,89
A	9,63**	2,96ns	3,74	6,52
E	1,48**	44,83**	0,54	7,00
EUAm	0,26ns	4,78**	0,19	11,37
EUAi	38,56**	49,82**	11,37	14,85

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Tabela 3.17 - Condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E) eficiência momentânea de uso da água (EUAm) e eficiência intrínseca de uso da água (EUAi) em folhas de plantas de girassol aos 60 DAP

Tratamentos*	gs	A	E	EUAm	EUAi
	(mol m ⁻² s ⁻¹)	(μmol m ⁻² s ⁻¹)	(mmol m ⁻² s ⁻¹)	(μmol CO ₂ mmol H ₂ O)	(μmol CO ₂ mol H ₂ O)
T1	1,60a**	29,87ab	10,54ab	2,90a	18,81b
T2	1,35abc	30,60a	9,98ab	3,44a	22,85ab
T3	1,41abc	30,56a	10,28ab	3,04a	21,70b
T4	0,91d	25,84b	9,35b	2,87a	29,46a
T5	1,47abc	30,57a	10,73ab	2,92a	21,30b
T6	1,42abc	29,19ab	9,94ab	3,14a	21,14b
T7	1,24bcd	30,55a	10,56ab	2,94a	24,83ab
T8	1,58ab	29,44ab	10,44ab	2,96a	19,11b
T9	1,39abc	31,22a	10,90ab	2,91a	22,53ab
T10	1,22cd	30,30a	10,02ab	3,16a	25,05ab
T11	1,28abc	28,46ab	11,09a	2,62a	22,24ab
T12	1,35abc	28,92ab	11,18a	2,60a	21,81b
T13	1,28abc	30,02ab	11,09a	2,72a	24,23ab

*Irigado com água de tratamento T1 (CEa = 0,5 dS m⁻¹) em caráter suplementar, nas parcelas submetidas anteriormente aos seguintes tratamentos: T1-Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo (Controle); T2-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ (A2), durante todo o ciclo; T3-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹ (A3), durante todo o ciclo; T4-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (A4), durante todo o ciclo; T5-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ na fase final do ciclo (floração e frutificação); T6-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T7-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T8-Uso cíclico de A1 e A2 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A2), iniciando com A1 no plantio; T9-Uso cíclico de A1 e A3 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A3), iniciando com A1 no plantio; T10-Uso cíclico de A1 e A4 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A4), iniciando com A1 no plantio; T11-Uso de água com CE de 2,2 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T12-Uso de água com CE de 3,6 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T13-Uso de água com CE de 5,0 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo.

**Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

3.3.3.2. Crescimento e produtividade

As variáveis, diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), diâmetro interno do capítulo (DICAP) e diâmetro externo do capítulo (DECAP) e produtividade (PROD) da cultura do girassol foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 3.18). Por outro lado, a matéria seca vegetativa (MSVEG) e o peso de 1000 grãos (P1000) não foram influenciados pelos tratamentos.

Tabela 3.18 – Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), diâmetro interno do capítulo (DICAP) e diâmetro externo do capítulo (DECAP), matéria seca vegetativa (MSVEG), peso de 1000 aquênios (P1000) e produtividade (PROD) em plantas de girassol

Variáveis	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV
AP	5,27**	7,96**	0,0063	5,82
DC	30,56**	16,99ns	7,58	19,30
DICAP	7,40**	0,47ns	0,79	8,31
DECAP	5,25**	1,29ns	1,51	5,99
MSVEG	84,59ns	96,96ns	60,70	25,27
P1000	46,69ns	47,28ns	22,09	7,63
PROD	253023,96**	253639,42**	59170,47	15,96

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

O tratamento em que foi aplicada água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (T4) durante todo o ciclo do feijão-de-corda provocou efeito residual sobre a AP (Figura 3.15A), DC (Figura 3.15B) e DECAP (Figura 3.15D). Para o DICAP, verifica-se que o maior valor foi no tratamento em que se utilizou água com CE de 2,2 dS m⁻¹ aplicada após o plantio até o final do ciclo (T11), não havendo diferenças significativas entre os demais tratamentos (Figura 3.15C).

A altura final das plantas de girassol varia de 0,5 a 4,0 m segundo Castiglioni, Castro e Balla, (1993). A altura de plantas no presente estudo foi inferior aos valores encontrados por Gomes *et al.* (2012) que aos 61 dias após o plantio encontrou valor de aproximadamente 1,70 m. Chen *et al.* (2009), utilizando irrigação por gotejamento com água salina no girassol durante dois anos de estudo (2007 e 2008) encontraram que a altura da planta decresceu com o aumento da salinidade da água aplicada, sendo que as plantas dos tratamentos irrigadas com água salina de 1,9 dS m⁻¹ (1,58 m) e 3,9 dS m⁻¹ (1,56 m) foram maiores que as plantas do tratamento irrigadas com 10,9 dS m⁻¹ (1,17 m) aos 89 dias após a semeadura.

O diâmetro do caule atua na resistência ao acamamento do girassol, portanto é uma importante característica morfológica (BISCARO *et al.*, 2008). No presente estudo, a média para o diâmetro do caule, verificado aos 63 dias após o plantio (DAP) foi de 15 mm, variando de 11 mm (T4) a 15 mm (T1). Em geral, os valores de DC no girassol variam de 15 e 90 mm, indicando que os valores obtidos no presente estudo estão dentro desta faixa. O

resultado obtido para diâmetro do caule foi inferior ao encontrado por Gomes *et al.* (2012) trabalhando com a cultivar Aguará 4, e Nobre *et al.* (2010), trabalhando com a variedade Embrapa 122/V 2000, que ao final do ciclo, aos 106 dias após semeadura encontraram valores de 22,7 mm.

Morais *et al.* (2011) trabalhando com girassol, híbrido H251, e aplicação de água salina nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, verificaram que a altura de planta, o diâmetro do caule e o diâmetro do capítulo não apresentaram diferenças quando as plantas foram irrigadas com água de CE de até 3,53 dS m⁻¹, obtendo valores ao final do ciclo de 1,33 m, 2,10 cm e 17,75 cm, respectivamente, para o tratamento controle, não apresentando diferença significativa destas variáveis entre os tratamentos.

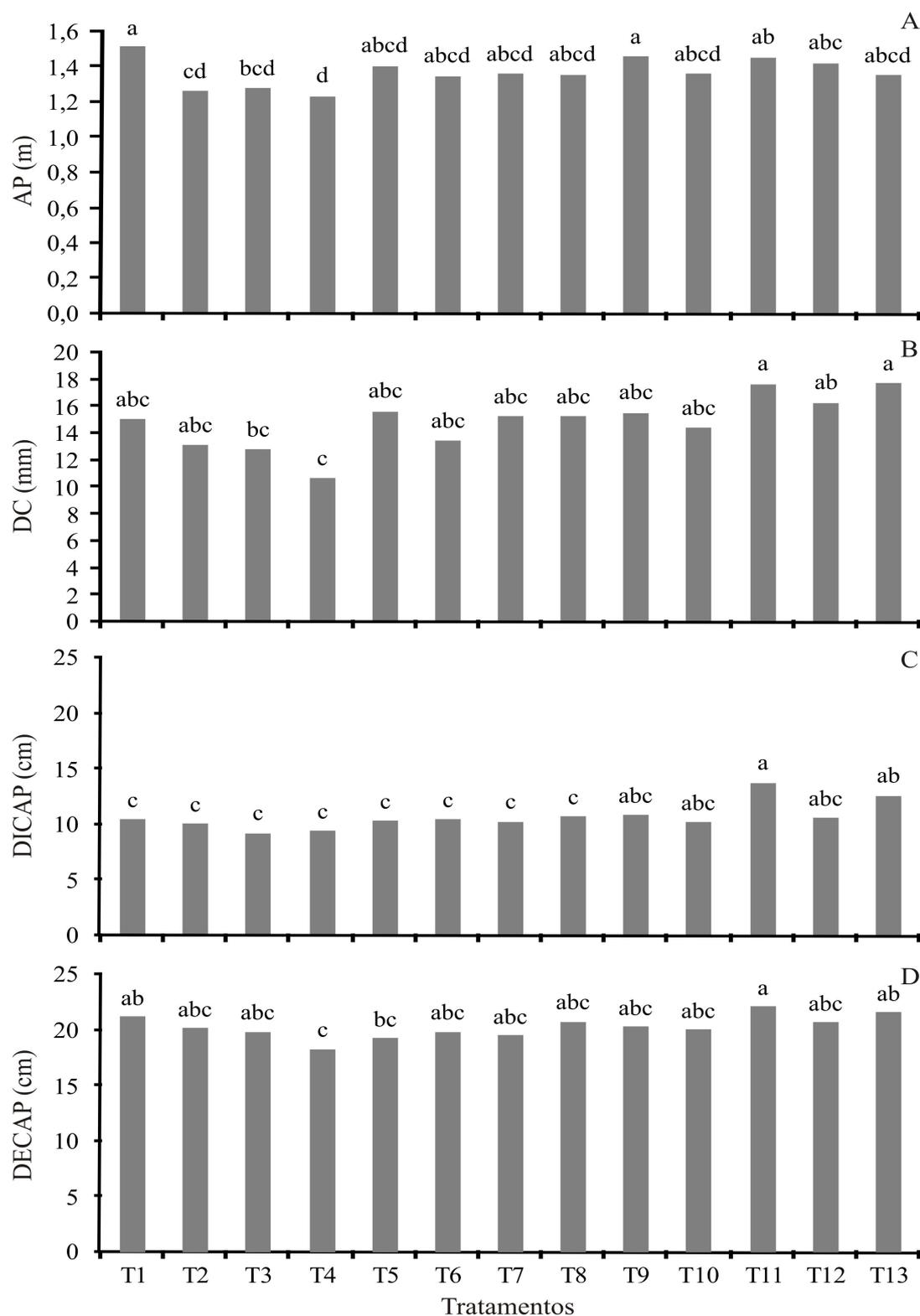


Figura 3.15 - Altura de plantas (AP) (A), diâmetro do caule (DC) (B), diâmetro interno do capítulo (DICAPi) (C) e diâmetro externo do capítulo (DECAP) (D) de plantas de girassol aos 63 dias após o plantio

Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Tabela 3.17.

Travassos *et al.* (2011) trabalhando com o girassol, variedade Embrapa 122/V-2000 em experimento em casa de vegetação, encontraram média para o diâmetro interno do capítulo de 5,47 cm com uma salinidade da água de 5,0 dS m⁻¹ e 7,81 cm no tratamento controle (CEa de 0,5 dS m⁻¹), valores menores aos encontrados neste estudo. No caso do presente estudo, os valores encontrados para o DICAP foram maiores e não houve diferença entre os tratamentos, demonstrando que não houve efeito residual da salinidade da água utilizada no cultivo anterior ao do girassol.

O acúmulo de sais no solo durante o cultivo do feijão-de-corda (Tabela 3.3) não foi o bastante para causar efeitos significativos no crescimento vegetativo e peso de 1000 aquênios do girassol durante a estação chuvosa, com irrigação suplementar com água do canal (0,5 dS m⁻¹) (Tabela 3.19), apresentando correlação forte com um valor de 0,348. É possível que as irrigações com água do canal tenham promovido lixiviação dos sais da camada superficial do solo, fazendo com que não apresentasse efeito significativo na matéria seca vegetativa do girassol e no peso de 1000 grãos. Por outro lado, os dados de produtividade seguiram tendência semelhante ao observado para o DICAP, mostrando forte relação entre essas variáveis.

Os resultados do presente estudo demonstraram a ocorrência de efeitos residuais para algumas variáveis de crescimento, porém esses efeitos foram notados apenas para os tratamentos em que se utilizaram águas de elevada salinidade de forma contínua. Isso demonstra a eficiência das estratégias de manejo de irrigação com água salina utilizadas no presente estudo, ou seja, o uso cíclico e no estágio de final da cultura anterior, as quais também reduzem os impactos dos sais acumulados no cultivo do feijão-de-corda sobre a cultura do girassol.

Resultados obtidos por Bezerra *et al.* (2010) e Lacerda *et al.* (2011a) não evidenciaram a ocorrência de efeitos residuais da salinidade da água de irrigação durante a estação seca no cultivo seguinte durante a estação chuvosa. Porém, os totais de precipitação durante a realização desses estudos foi pelo menos três vezes maiores que a observada no presente estudo. É importante salientar que ocorreram poucas chuvas entre o cultivo do feijão-de-corda e o girassol, bem como durante o cultivo do girassol, com o total de chuvas no período tendo ficado bem abaixo da média histórica da região. De acordo com Lacerda *et al.* (2011b), se os totais de chuvas não forem suficientes para promoverem a lavagem completa dos sais do solo, poderá haver redução no crescimento, com os efeitos sendo mais intensos nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

Tabela 3.19 - Matéria seca vegetativa (MSVEG), peso de 1000 grãos (P1000) e produtividade (PROD) de plantas de girassol

Tratamentos*	MSVEG (g planta⁻¹)	P1000 (g)	PROD (kg ha⁻¹)	CE ponderada
T1	25,53a**	57,78a	1345,20bc	0,50
T2	26,60a	56,81a	1589,72abc	2,20
T3	33,62a	64,44a	1687,38abc	3,60
T4	25,62a	61,91a	1258,42c	5,00
T5	33,02a	60,46a	1319,71bc	1,08
T6	28,62a	56,79a	1392,73abc	1,56
T7	39,98a	62,06a	1611,18abc	2,03
T8	28,47a	61,44a	1358,64bc	1,30
T9	33,01a	64,55a	1388,46bc	1,96
T10	28,67a	62,02a	1323,89bc	2,62
T11	32,17a	64,45a	1925,97a	1,95
T12	30,34a	61,37a	1779,32abc	3,14
T13	36,21a	66,57a	1831,65ab	4,33

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Tabela 3.17. **Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas para época de leitura, e minúsculas, nas linhas para tratamentos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

3.4 CONCLUSÕES

A aplicação de água salina durante todo o ciclo do feijão-de-corda ao nível de 5,0 dS m⁻¹ (T4) e após a germinação até o final do ciclo (T13) inibe as trocas gasosas foliares, o crescimento vegetativo e a produtividade da cultura, enquanto as estratégias de irrigação com água salina na fase final do ciclo (floração e frutificação) e de forma cíclica não afetam de forma negativa essas variáveis.

Os tratamentos em que se utilizaram as estratégias de uso de água salina na fase final do ciclo (floração e frutificação) (T5, T6 e T7) e de forma cíclica (T8, T9 e T10) reduzem a quantidade de água de baixa salinidade utilizada na produção do feijão-de-corda, com economia variando de 34 a 47%.

O efeito residual da água salina usada na irrigação do feijão-de-corda interferiu negativamente na altura de planta, diâmetro interno do capítulo e produtividade do girassol, quando se utilizou água salina ao nível de 5,0 dS m⁻¹.

A irrigação com água do canal (0,5 dS m⁻¹) durante o cultivo do girassol promoveu a lixiviação do excesso de sais no solo no final do cultivo, mas o total de chuvas antes do plantio não foi suficiente para eliminar completamente o efeito residual da salinidade nesta cultura.

3.5 REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi, RN**. 2009. 56f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.
- BARBOSA, F. DE S. **Acúmulo de sais no solo, produtividade e teores de íons no milho irrigado com águas salinas de forma contínua ou alternada**. 2010. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2010.
- BARBOSA, F. S. *et al.* Productivity and íon content in maize irrigated with saline water in a contínuos or alternating system. **Ciência Rural** (No prelo). 2012.
- BARROS, M. F. C. *et al.* Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p.320-326, 2005.
- BEZERRA, M. A. *et al.* Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.47, p.149-152, 2003.
- BEZERRA, M. A. *et al.* Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, suplemento, p.90-94, 2005.
- BEZERRA, A. K. P. *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, n.5, p.1075-1082, 2010.
- BISCARO, G. A. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia – MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1366-1373, 2008.
- CARDOSO, J. M.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 5, p 213 – 225.

CASTIGLIONI, V. B. R.; CASTRO, C.; BALLA, A. Avaliação de genótipos de girassol em ensaio intermediário (1992/93), Londrina- PR. *In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL*, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: IAC, 1993. p.37.

CHEN, M. *et al.* Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agricultural Water Management**, v.96, p.1766–1772, 2009.

CHEN W. *et al.* Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China. **Agricultural Water Management**, v.97, p.2001–2008, 2010.

CHEN, M. *et al.* Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agricultural Water Management**, v.96, p.1766–1772, 2009.

COSTA, R. N. T. *et al.* Indicadores econômicos da recuperação de um solo sódico em condições de drenagem subterrânea no Vale do Curu, CE. **Irriga**, v.10, p.272-278, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de Produção de Informação, 1999. 412p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Fortaleza: **Dados climatológicos da Estação de pentecoste, 2000**. 2001. 14p. Boletim Agrometeorológico, 26.

FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, CE: UFC, 1993. p.248.

FREIRE FILHO, F. R. *et al.* Melhoramento genético. *In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap. 1. P.29–92.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. *In: NOGUEIRA, R. J. C. et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE: Imprensa Universitária, 2005, p.95-105.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.355-361, 2000.

GOMES, E. P. *et al.* Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.237–246, 2012.

GUIMARÃES, F. V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão de corda cv Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄**. 2005. 176 f. Tese (Doutorado em bioquímica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

KANG, Y.; CHEN, M.; WAN, S. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain. **Agriculture Water Management**, v.97, p.1303-1309, 2010.

KÖPPEN, N. W. **Climatologia: Con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

LACERDA, C. F. *et al.* Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.18, p.455-465, 2006.

LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; NEVES, A. L. R. Problemas de salinidade na agricultura: identificação e formas de convivência. *In*: ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**: Uma proposta de uso adequado do capital natural. Imprensa Universitária: Fortaleza-CE, 2010. p.288-309.

LACERDA, C. F. *et al.* 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. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.663-675, 2011a.

LACERDA, C. F. *et al.* Influence of plant spacing and irrigation water quality on a cowpea-maize cropping system. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v.1, n.5, p.163-171, 2011b.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. DE. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 613p.

MAAS, E. V.; POSS, J. A. Salt sensitive of cowpea at various growth stages. **Irrigation Science**, v.10, p.313-320, 1989.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v.78, p.25-38, 2005.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. **Irrigation Science**, v.26, p.313-323, 2008.

MORAIS, F. A. DE. *et al.* Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.2, p.327-336, 2011.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, p.143-160, 1986.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant and Cell Environment**, v.25, 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, A. L. R. *et al.* Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, n.4, p.569-574, 2008.

NEVES, A. L. R. *et al.* Monitoring soil coverage and yield of cowpea furrow irrigated with saline water. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.1, p.59-66, 2010.

NEVES, A. L. R. *et al.* Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.758-765, 2009.

NOBRE R. A. *et al.* Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.3, p.358-365, 2010.

OSTER, J. D. *et al.* Comparison of transient state models that include salinity and matric stress effects on plant yield. **Agricultural Water Management**, v.103, p.167– 175, 2012.

PLAUT, Z.; GRIEVE, C. M. ; MAAS, E. V. Salinity effects on CO₂ assimilation and diffusive conductance of cowpea leaves. **Physiologia-Plantarum**, v.79, p.31-38, 1990.

PORTO FILHO, F. Q. *et al.* Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.453-459, 2006.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160p.

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. *In*: SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA. Paraíba. **Anais...** Paraíba: UFPB, 1997. p.363-383.

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

SILVA, F. A. S. E.; 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, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383–389, 2011.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, v.10, n.3, p.241-248, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782 p.

TRAVASSOS, K. D. *et al.* Produção de aquênio de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.14, p.371-376, 2011.

YEO, A. R. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Science Horticulturae**, v.78, p.159-174. 1999.

WILSON, C. *et al.* Growth response of major USA cowpea cultivars. **Plant Science**, v.170, p.1095-1101, 2006b.

CAPÍTULO 4: Acúmulo de sais no solo e extração de elementos minerais em plantas de feijão-de-corda sob diferentes manejos de irrigação com água salina

RESUMO

A salinidade do solo e da água é a principal limitação para a produção de culturas em muitas áreas do mundo. O objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de sais no solo e a extração e a eficiência de utilização de nutrientes minerais pela cultura do feijão-de-corda, utilizando-se diferentes estratégias de manejo da irrigação com água salina. O experimento foi conduzido em condições de campo na estação seca de 2011, e obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, com treze tratamentos e cinco repetições. O feijão-de-corda foi cultivado no espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, com duas plantas por cova. Os tratamentos consistiram de: T1: Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo; T2, T3 e T4: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ (A2), durante todo o ciclo, respectivamente; T5, T6 e T7: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ na fase final do ciclo, respectivamente; T8, T9 e T10: Uso cíclico de A1 e A2; A1 e A3 e A1 e A4, respectivamente, iniciando com A1 no plantio; T11, T12 e T13: Água com CE de 2,2, 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ após a germinação até o final do ciclo, respectivamente. Ocorreu acúmulo de sais no solo durante o cultivo do feijão-de-corda nos tratamentos em que se utilizou água de elevada salinidade. 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 e aplicação da água salina apenas no estágio final reduziu o impacto sobre o solo. A distribuição horizontal da salinidade variou com respeito à distância de medição da planta. A salinidade foi maior nos pontos distantes (15 cm) do que nos pontos mais próximos (7 cm), tanto na linha de plantio como entre linhas. Os teores dos elementos minerais avaliados no presente estudo, em geral, foram maiores nas partes vegetativas do que reprodutivas, e não se observou uma influência clara da salinidade nem das estratégias de manejo de irrigação empregadas. As plantas de feijão-de-corda extraem os minerais na seguinte ordem decrescente: K > Cl > Ca > Mg > Na > Fe > Mn > Zn > Cu. A aplicação contínua de água de elevada salinidade reduziu os totais extraídos dos elementos minerais, enquanto os tratamentos com uso de estratégias de manejo como a aplicação alternada de águas de baixa e alta salinidade ao longo do ciclo da cultura e aplicação da água salina apenas no estágio final apresentaram resultados similares ao tratamento que recebeu apenas água do canal.

Palavras-chave: Salinidade. Nutrição mineral. Eficiência de uso de nutrientes.

CHAPTER 4: Accumulation of salts in the soil and extraction of mineral elements in cowpea under different managements of irrigation with saline water

ABSTRACT

Water and soil salinity is the main limitation for crop production in many areas of the world. The aim of this study was to evaluate salt accumulation in the soil, extraction and efficiency of use of mineral nutrients of cowpea crop, using different irrigation management strategies with saline water. The experiment with the cowpea was conducted in the field during the dry season of 2011 and obeyed the random blocks design, with 13 treatments and 5 repetitions. The cowpea was cultivated using 0.8 m spacing between lines and 0.3 m between plants, with two plants per hill. The treatments consisted of: T1: Low salinity water (A1), during the entire cycle; T2, T3 and T4: Water with CE of 2.2, 3.6 and 5.0 dS m⁻¹ (A2) during the entire cycle, respectively; T8, T9 and T10: Cyclic use of A1 and A2; A1 and A3 and A1 and A4, respectively, starting with A1 during planting; T11, T12 and T13: Water with CE of 2.2, 3.6 and 5.0 dS m⁻¹ after plantation until the end of the cycle, respectively. Salt accumulation occurred in the soil during the cultivation of cowpea particularly in treatments using high salinity water. However, the use of management strategies such as the alternate use of high and low salinity waters during the crop cycle or application of saline water only during the final stage reduced the impact on the soil. The horizontal distribution of the salinity varied with distance from the plant. Salinity was highest at more distant points (15 cm) than at closer points (7 cm) both in the plantation line and between the lines. The amount of mineral elements evaluated in the present study are highest, in general, in the vegetative phases than in the reproductive ones and no clear influence of the salinity nor of the management strategies employed was observed. The cowpea plants extract the minerals from the soil in the following decreasing order: K > Cl > Ca > Mg > Na > Fe > Mn > Zn > Cu. The continuous application of high salinity waters reduced the total mineral elements extraction, while the treatments with the use of the management strategies cited above presented similar results to the treatment that received only canal water.

Keywords: Salinity. Mineral nutrition. Efficiency of nutrient use.

4.1. INTRODUÇÃO

O estresse salino impõe uma grande ameaça ambiental para a agricultura por limitar o crescimento das plantas e reduzir a produtividade, notadamente em regiões áridas e semiáridas (TAWFIK, 2008; PATEL *et al.*, 2010). O aumento da salinização das terras aráveis tem efeitos globais, portanto, esforços para aumentar a tolerância das culturas a esse fator de estresse, associados ao uso de estratégias de manejo da água e do solo, tem importância notável para a agricultura.

No Nordeste brasileiro, as águas utilizadas na irrigação apresentam, na maioria das vezes, concentração de sais na faixa de 1 a 30 mmol_c L⁻¹ correspondendo à faixa de condutividade elétrica de 0,1 a 3,0 dS m⁻¹ (HOLANDA; AMORIM, 1997; SILVA; ARAÚJO; SOUZA, 2007; PALÁCIO *et al.*, 2011). Observam-se, além das variações na concentração de sais, grandes variações na composição química das águas, com predominância, sobretudo nas áreas de cristalino, de águas cloretadas e sódicas com baixas concentrações de sulfato e concentrações variáveis de cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos (OLIVEIRA; MAIA, 1998). Em função disto, a verificação da adequabilidade da água para fins de irrigação deve considerar principalmente fatores relacionados ao teor e tipo de sais, as características do solo, tolerância da cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e condições de drenagem (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000; MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006).

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água, além da ação de íons sobre o protoplasma e o impacto sobre a nutrição mineral das plantas (MUNNS, 2002; PATEL *et al.*, 2010; HUSSEIN; EL-FAHAM; ALVA, 2012). A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas, reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005). É possível sugerir, portanto, que a predominância de determinados elementos minerais no ambiente radicular, como é comum em meios salinos, afeta, direta ou indiretamente, a aquisição de minerais essenciais podendo acarretar redução no crescimento e alterações na qualidade do produto vegetal (GRATTAN; GRIEVE, 1999; LACERDA, 2005).

Os resultados mais prováveis dos efeitos da salinidade na nutrição mineral podem ser a redução no crescimento e as alterações na qualidade do produto vegetal. Por outro lado, é possível sugerir que a redução no crescimento e produtividade das plantas em meios salinos pode reduzir o requerimento de alguns nutrientes essenciais, ou seja, a quantidade de fertilizantes requerida por plantas cultivadas em solos salinos pode ser menor do que a requerida por plantas cultivadas em solos não salinos. Isso pode acarretar a contaminação do lençol freático, visto que menor quantidade de nutrientes será absorvida e maior quantidade ficará disponível para lixiviação (NEVES *et al.*, 2009; LACERDA *et al.*, 2010). Além disso, o estágio de desenvolvimento da planta e a duração do estresse podem alterar as quantidades de minerais extraídos do solo.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de sais no solo e a extração de elementos minerais e a eficiência de utilização de nutrientes minerais na cultura do feijão-de-corda, utilizando-se diferentes estratégias de manejo da irrigação com água salina.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os itens 4.2.1 a 4.2.6 estão descritos no Capítulo 3.

4.2.1 Localização da área; 4.2.2 Material vegetal; 4.2.3 Delineamento experimental e tratamentos; 4.2.4 Preparo da área e instalação do sistema de irrigação; 4.2.5 Manejo da irrigação; 4.2.6 Adubação e demais tratos culturais.

4.2.7. Umidade e condutividade elétrica do solo

O teor de umidade e a condutividade elétrica do solo foram medidos aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (DAP), utilizando-se um sensor modelo Wet Jet HH2 (Delta T – Devices, Cambridge, England) (Figura 4.1). O intervalo de medições foi definido com base no intervalo de seis irrigações, correspondendo às mudanças da qualidade da água nos tratamentos com uso cíclico. As medições foram realizadas em dois pontos na linha de plantio a 7 e 15 cm de distância da planta do lado direito e esquerdo, e entre as linhas de plantio a 7 e 15 cm de distância da planta do lado direito e esquerdo, na profundidade de 10 cm em todas as parcelas.



Figura 4.1 - Umidade e condutividade elétrica do solo com o uso do sensor no experimento com feijão-de-corda, na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste-CE
Foto: NEVES, A. L. R. (2011)

4.2.8. Teores e totais extraídos de elementos minerais do feijão-de-corda

Aos 60 DAP as plantas foram colhidas e amostras secas das partes vegetativas, incluindo limbos e hastes, e das partes reprodutivas, incluindo cascas (pericarpos) e grãos, foram trituradas em liquidificador e peneiradas e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas, sendo esse o material utilizado nas determinações dos elementos minerais. Para a determinação dos teores de Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn preparou-se um extrato de acordo com a metodologia de Miyazawa, Pavan e Bloch (1984). O cloreto foi extraído com água desmineralizada, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, os de Na e K por fotometria de chama (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e Cl (GAINES; PARKER; GASCHO, 1984) por colorimetria.

Com os dados de produção de matéria seca, de densidade de plantio e dos teores de minerais, calcularam-se os totais extraídos de cada elemento mineral, em kg ha⁻¹ para os macronutrientes e em g ha⁻¹ para os micronutrientes, e a distribuição percentual nas partes vegetativas e reprodutivas.

4.2.9. Eficiências no uso de nutrientes

As eficiências na utilização de nutrientes (EUN) foram calculadas, relacionando a produção primária (matéria seca total) e a extração total de nutrientes (EUN_p) e a produção de grãos e a extração total de nutrientes pelas plantas (EUN_g), sendo ambas expressas em kg de matéria seca produzida/kg (ou g) de nutriente extraído.

4.2.10. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $P \leq 0,05$, utilizando-se como ferramenta de apoio o programa “ASSISTAT 7.5 BETA” (SILVA; AZEVEDO, 2009).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Teor de umidade e acúmulo de sais no solo

A Figura 4.2 mostra que a condutividade elétrica aumentou gradativamente nas medições realizadas aos 15, 30, 45 e 60 DAP, sendo que os maiores valores foram atingidos aos 60 DAP nos tratamentos em que se utilizou água salina de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ao longo de todo ciclo da cultura (T4) e a aplicada após 11 dias depois do plantio (T13). Nos tratamentos em que se utilizou água salina apenas no estágio final do ciclo da cultura (T5, T6 e T7) e de forma cíclica (T8, T9 e T10) verifica-se que ocorreu maior acúmulo de sais do que nas plantas irrigadas com água do canal, porém com valores bem inferiores aos tratamentos T4 e T13. É importante destacar que as medições da condutividade foram realizadas na manhã seguinte à realização da irrigação, e verifica-se que os teores de umidade eram relativamente elevados em todos os tratamentos (Figura 4.3).

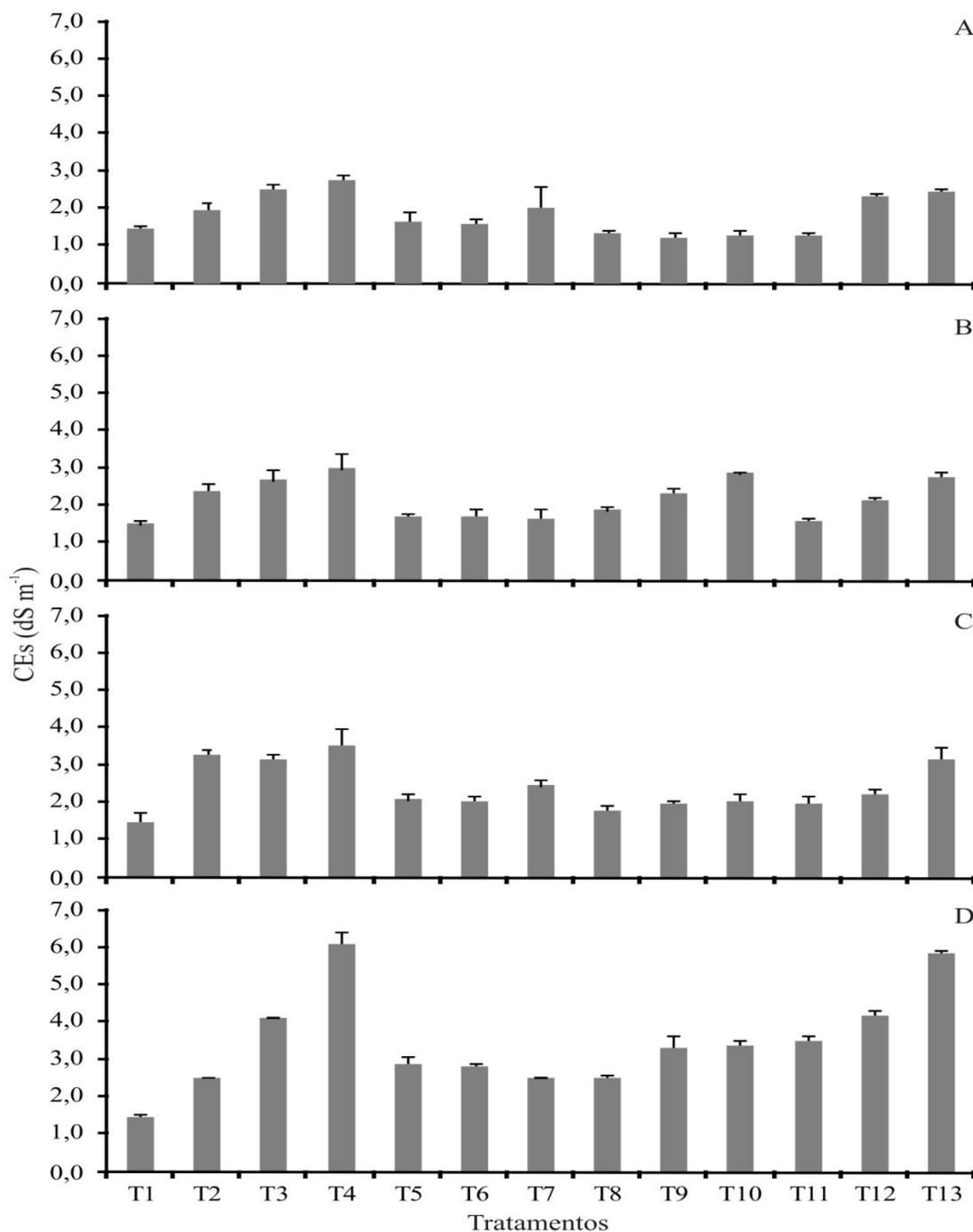


Figura 4.2 - Condutividade elétrica do solo média aos 15 (A), 30 (B), 45 (C) e 60 DAP (D), medida na profundidade de 10 cm, no experimento de campo com plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T13)

T1-Água de baixa salinidade (A1), durante todo o ciclo (Controle); T2-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ (A2), durante todo o ciclo; T3-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹ (A3), durante todo o ciclo; T4-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹ (A4), durante todo o ciclo; T5-Água com CE de 2,2 dS m⁻¹ na fase final do ciclo (floração e frutificação); T6-Água com CE de 3,6 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T7-Água com CE de 5,0 dS m⁻¹, na fase final do ciclo (floração e frutificação); T8-Uso cíclico de A1 e A2 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A2), iniciando com A1 no plantio; T9-Uso cíclico de A1 e A3 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A3), iniciando com A1 no plantio; T10-Uso cíclico de A1 e A4 (6 irrigações com A1 seguidas de 6 irrigações com A4), iniciando com A1 no plantio; T11-Uso de água com CE de 2,2 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T12-Uso de água com CE de 3,6 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo; T13-Uso de água com CE de 5,0 dS m⁻¹, aplicada 11 dias após o plantio (DAP) até o final do ciclo.

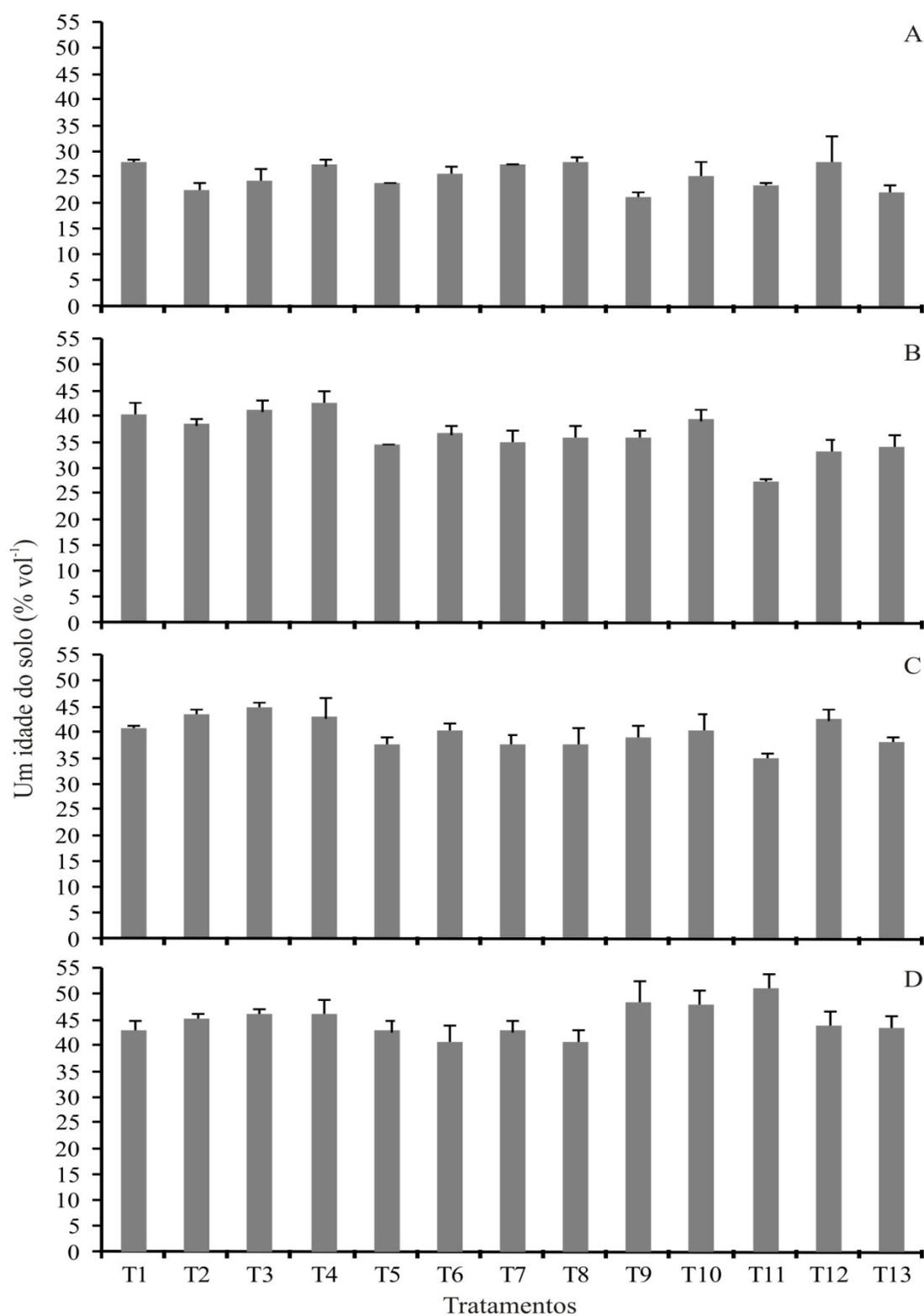


Figura 4.3 - Teor de umidade médio do solo obtido aos 15 (A), 30 (B), 45 (C) e 60 DAP (D), na profundidade de 10 cm, no experimento de campo com plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T13)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2.

Na Figura 4.4 é possível verificar as variações na condutividade elétrica ao longo do tempo no tratamento com plantas irrigadas com água do canal (T1) e nos tratamentos em que se utilizou a água de maior salinidade (T4, T7, T10 e T13). Observa-se que nas parcelas irrigadas com água do canal a CE permaneceu baixa e com poucas alterações ao longo do tempo, refletindo a baixa salinidade dessa fonte de água. Nos tratamentos com uso contínuo de água salina (T4 e T13) verifica-se aumento progressivo da salinidade, com os maiores valores ao final do ciclo. No tratamento com uso cíclico (T10) verificam-se variações da salinidade ao longo do tempo, sendo os aumentos e decréscimos explicados pelo tipo de água utilizado em cada período. Já no T7 verifica-se aumento da salinidade na fase final do ciclo, explicado pelo uso de água salina após os 40 DAP.

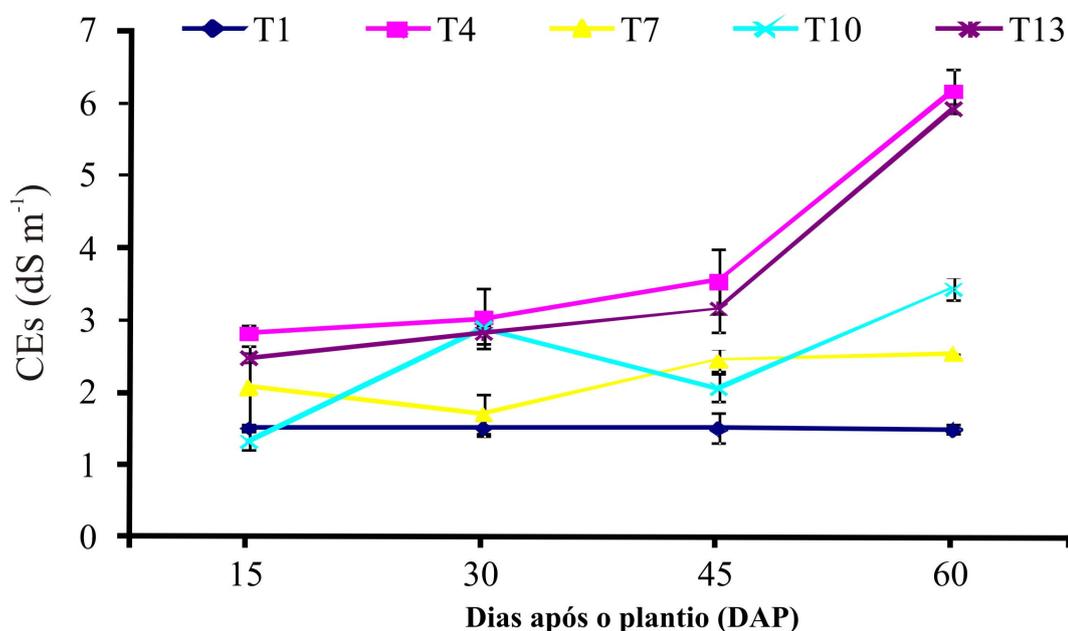


Figura 4.4 - Condutividade elétrica média do solo obtida aos 15, 30, 45 e 60 DAP, profundidade de 10 cm, no tratamento em que foi utilizada água do canal (T1) ou água com CEa de 5,0 dS m⁻¹ (T4, T7, T10 e T13)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2.

De modo geral, observou-se que o maior acúmulo de sais ocorreu nos pontos distantes 15 cm das plantas do que nos pontos mais próximos das plantas (7 cm), tanto nas linhas de plantio como entre as linhas. Essa tendência foi evidenciada em todos os tratamentos e está demonstrado na Figura 4.5 para as parcelas irrigadas com água do canal (T1) e naquelas irrigadas com água de maior salinidade (T4, T7, T10 e T13). Esses resultados estão de acordo com Chen *et al.* (2010), e pode ser explicado pelo método de irrigação empregado (por gotejamento), que resulta no acúmulo maior de sais na periferia do bulbo molhado (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2009; CHEN *et al.*, 2010).

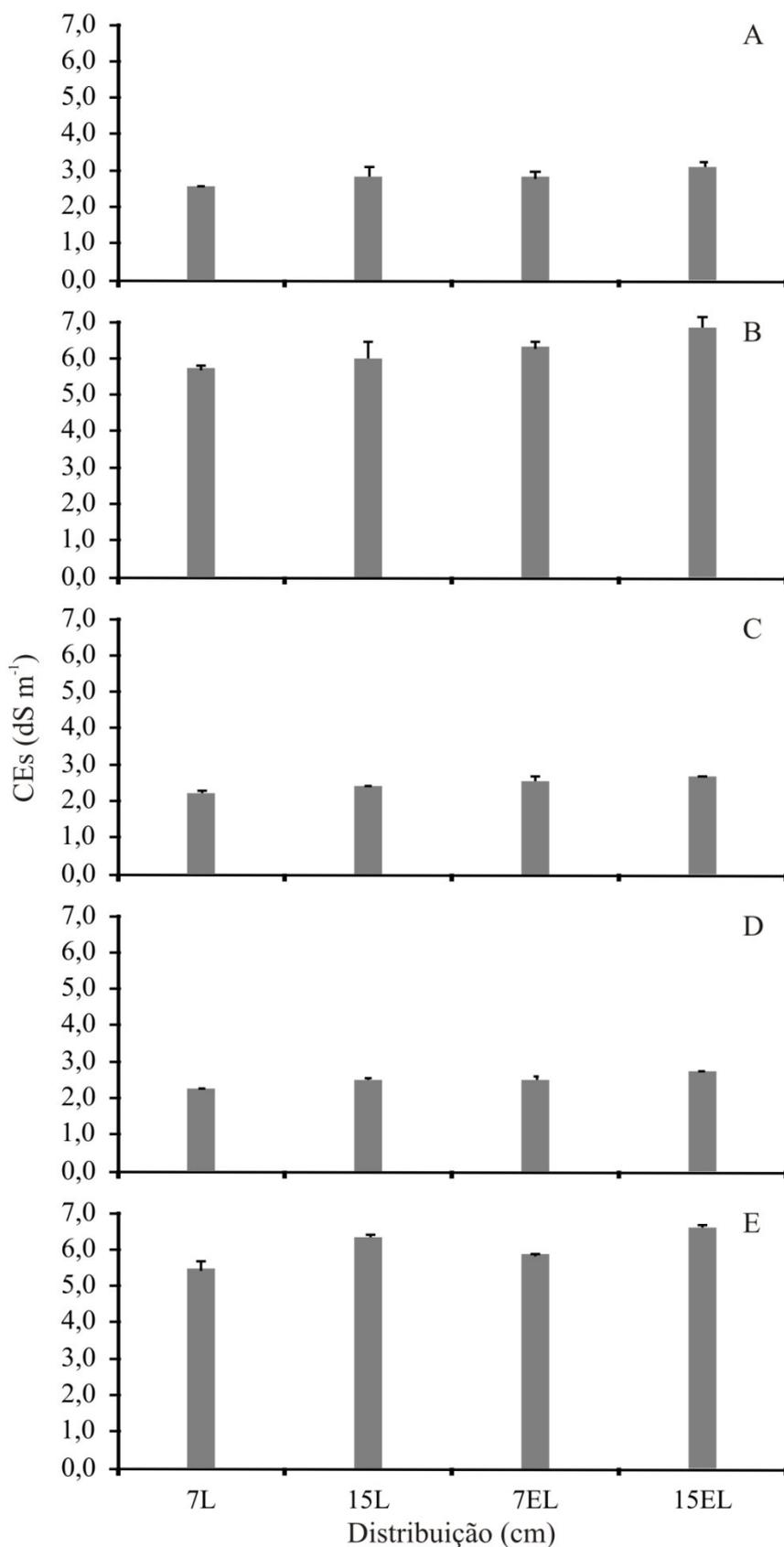


Figura 4.5 - Condutividade elétrica do solo medida aos 60 DAP nos tratamentos T1 (A), T4 (B), T7 (C), T10 (D) e T13 (E) em diferentes posições em relação à planta na linha (L) e entre linhas (EL), na profundidade de 10 cm

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2.

As medidas de CE da água na camada superficial do solo (Figuras 4.2, 4.4 e 4.5) evidenciam que a aplicação de água salina pode promover um aumento nos valores de condutividade elétrica 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 e aplicação da água salina apenas no estágio final podem reduzir o impacto sobre o solo (Figura 4.3). 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; GHEYI; SILVA, 2000; BARROS *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2005; MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006) também devem ser consideradas no desenvolvimento de estratégias de longo prazo, notadamente quando as condições de drenagem são favoráveis.

4.3.2. Teores de minerais nas plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Os tratamentos de irrigação influenciaram os teores de íons nas partes vegetativas das plantas de feijão-de-corda, ao nível de 1 e 5%, exceto os de K e de Cu (Tabela 4.1). Os teores dos íons nas partes reprodutivas foram influenciados pelos tratamentos, ao nível de 1 e 5%, exceto o teor de K e Mg (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Resumo da análise de variância para os teores de elementos minerais na parte vegetativa (folhas e hastes) e reprodutiva (grãos e cascas) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Elementos minerais	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV (%)
	Parte Vegetativa			
K	7,86ns	61,60**	9,46	11,18
Ca	29,31**	1,41ns	2,34	9,84
Mg	5,55**	0,09ns	1,87	14,87
Na	1,15**	0,30ns	0,21	12,89
Cl	179,23**	0,63ns	3,91	7,61
Mn	386,73**	670,31ns	105,45	15,97
Cu	0,53ns	1,04ns	0,46	12,02
Zn	101,52*	234,12ns	40,29	15,88
	Parte Reprodutiva			
K	2,51ns	2,15ns	1,30	6,28
Ca	0,09**	0,06ns	0,03	25,53
Mg	0,18ns	0,22ns	0,01	6,74
Na	0,01*	0,01*	0,003	7,82
Cl	41,51**	2,27ns	2,62	14,62
Mn	21,49**	34,12**	6,45	11,81
Cu	0,62*	5,32ns	0,26	9,32
Zn	89,78*	50,09ns	38,41	15,16

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Os teores de K e Cu não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos na parte vegetativa (folhas e hastes) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina (Tabela 4.2). Em média, os teores de K foram superiores aos encontrados por Assis Júnior *et al.* (2007), porém similares aos encontrados por Neves *et al.* (2009) e Pattel *et al.* (2010). Os valores encontrados foram também superiores ao nível considerado crítico para o feijão-de-corda durante as fases de crescimento e floração da cultura (OLIVEIRA; DANTAS, 1984; MELO *et al.*, 2005).

Os teores de Ca na parte vegetativa (folhas e hastes) do feijão-de-corda variaram em todos os tratamentos (Tabela 4.2), sendo maiores naqueles em que se aplicou água com maiores níveis de salinidade (T3, T4 e T13). Esses maiores valores podem ser explicados pelo

fato de se ter adicionado cálcio na preparação das águas com condutividade elétrica de 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ e também pelo uso dessas águas continuamente durante praticamente todo o ciclo da planta. De modo geral, os teores de cálcio encontrado no presente estudo foram similares aos encontrados por Lacerda (1995), Guimarães (2005), Assis Júnior *et al.* (2007), Sousa *et al.* (2007) e Neves *et al.* (2009), porém foram inferiores aos relatados por outros autores como Oliveira e Dantas (1984), Melo, Cardoso e Salviano (2005) e Patel *et al.* (2010).

Tabela 4.2 - Teores de elementos minerais nas partes vegetativa (folhas e hastes) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	K	Ca	Na	Cl	Mg	Mn	Cu	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
T1	28,89a**	14,87bcde	4,11ab	15,01f	9,08ab	63,85ab	5,45a	40,51ab
T2	28,45a	14,45cde	3,13b	20,13e	9,65ab	80,89a	6,10a	37,91ab
T3	29,44a	22,15a	3,79ab	20,41e	10,64a	65,86ab	5,35a	39,52ab
T4	26,73a	16,88bc	4,64a	32,03b	10,37a	59,13ab	6,12a	34,66b
T5	28,45a	14,65bcde	4,04ab	28,01bc	9,56ab	65,81ab	5,97a	35,53b
T6	26,98a	12,94e	3,84ab	26,66cd	9,87ab	71,42ab	5,90a	38,12ab
T7	28,95a	15,42bcde	3,40b	27,28c	8,94ab	71,98ab	5,07a	37,90ab
T8	27,39a	13,35de	3,25b	22,80de	1002ab	55,44b	5,91a	40,17ab
T9	27,34a	16,35bcd	3,22b	20,80e	9,83ab	73,71ab	5,46a	39,41ab
T10	25,42a	13,95cde	3,33b	27,55c	8,10ab	52,71b	5,83a	42,04ab
T11	27,14a	14,49cde	3,15b	30,48bc	7,05b	66,62ab	5,51a	47,79ab
T12	26,81a	14,60bcde	3,18b	28,99bc	8,31ab	55,98b	5,61a	50,07a
T13	25,65a	17,93b	3,18b	37,51a	8,05ab	52,67b	5,40a	36,03b

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

Os teores de sódio na parte vegetativa apresentaram pequenas variações entre os tratamentos (Tabela 4.2), com o maior valor sendo encontrado nas plantas irrigadas continuamente com água de maior salinidade (T4). De modo geral, os valores foram baixos quando comparados aos teores encontrados em estudos em ambientes protegidos (GUIMARÃES *et al.*, 2012), porém similares ou até superiores aos encontrados em estudos de campo com a mesma cultura (ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007; NEVES *et al.*, 2010). Também é importante destacar que a água utilizada no presente estudo apresentava Na e Ca em sua composição, sendo que o último tende a reduzir a absorção do primeiro o que reduz sua acumulação na parte aérea (GUIMARÃES *et al.*, 2012).

Comparando os valores encontrados para o sódio e o cloreto nas folhas + hastes (Tabela 4.2), nota-se que os valores do íon Cl^- foram muito superiores aos do íon Na^+ , resultado semelhante aos encontrados por Guimarães *et al.* (2012) e Sousa *et al.* (2007), o que pode ser explicado pela maior capacidade dessa espécie em limitar a absorção e o transporte de Na^+ da zona radicular para a parte aérea, em relação ao cloreto (TRINDADE *et al.*, 2006). Vale salientar que tanto o acúmulo de Na^+ como o de Cl^- podem ter contribuído para a inibição do crescimento e do rendimento da cultura, visto que as plantas cultivadas, de modo geral, têm baixa capacidade de compartimentalizar esses íons nos vacúolos, ocorrendo acúmulo no citosol e outras organelas e causando toxidez às estruturas e processos celulares, como a fotossíntese (ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007). De modo geral, os teores de cloreto (Tabela 4.2) foram menores nos tratamentos em que se utilizou água salina apenas na fase mais tolerante, porém deve-se destacar que o cloreto também foi aplicado por ocasião da adubação potássica em todos os tratamentos, o que justifica os valores mais elevados que os de Na nas plantas dos diversos tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Assis Júnior *et al.* (2007).

Para os teores de Mn e Zn observa-se tendência de redução para os tratamentos em que se empregaram águas com maiores salinidades, tais como T3, T4 e T13 (Tabela 4.2). De acordo com Sousa *et al.* (2007), a aquisição de micronutrientes, como ferro, zinco e manganês, pela planta, pode ser afetada pela salinidade e pela composição do meio salino, sendo que as águas ricas em bicarbonatos e sais de cálcio acarretam as maiores reduções nos teores destes nutrientes. Isso pode ser explicado, em parte, pelo fato dos cátions micronutrientes (Fe, Cu e Mn) sofrerem grande influência do pH e do conteúdo de cálcio no solo (GRATTAN; GRIEVE, 1999), ou seja, em condições ácidas os cátions micronutrientes apresentam maior solubilidade e disponibilidade para a absorção, podendo tornar-se às vezes, tóxicos às plantas.

Segundo Oliveira e Dantas (1984) e Melo, Cardoso e Salviano (2005) os teores de Mn obtidos (Tabela 4.2) podem ser considerados inadequados para a cultura do feijão-de-corda. Neves (2008) encontrou valores mais elevados e adequados no teor de Mn nas folhas de feijão-de-corda cultivar Epace 10, sob estresse salino. Porém, os dados do presente estudo se referem ao valor obtido considerando hastes, pecíolos e limbos foliares, o que pode justificar os menores valores observados. Para o Zn os valores podem ser considerados adequados, visto que Oliveira e Dantas (1984) sugerem que o teor adequado para a cultura do feijão-de-corda é em torno de 44 mg kg^{-1} , sendo que as plantas passam a sofrer deficiência quando os teores decrescem abaixo de 24 mg kg^{-1} .

Os teores foliares de Cu não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 4.2). Esses teores são adequados, considerando o valor ótimo para folhas de feijão-de-corda, que se situa em torno de 6 mg kg^{-1} (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005; OLIVEIRA; DANTAS, 1984). De acordo com Grattan e Grieve (1999) a influência da salinidade na acumulação de cobre é muito variável, podendo ser verificado aumento ou diminuição nos teores desse íon. Por exemplo, Sousa *et al.* (2007), não encontraram influência da salinidade sobre o teor desse nutriente em folhas e caules de feijão-de-corda, resultado similar ao encontrado no presente estudo.

Os teores dos elementos minerais avaliados no presente estudo, em geral, foram maiores nas partes vegetativas (Tabela 4.2) do que reprodutivas (Tabela 4.3), e não se observou uma influência clara da salinidade nem das estratégias de manejo de irrigação, o que está de acordo com resultados obtidos em outros estudos (LACERDA, 1995; NEVES, 2008). Isso indica que a salinidade não parece influenciar a reserva mineral das plantas de feijão-de-corda. Neves *et al.* (2008) verificaram que a aplicação de água salina de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, de forma contínua ou em diferentes estádios de desenvolvimento não afetou os aspectos quantitativos analisados e a qualidade nutricional, em termos de teor de proteína e de praticamente todos os minerais analisados (Na, Cl, K, Ca, N, P, Fe, Cu, Zn e Mn). As únicas variações nos teores de minerais foram observadas nas sementes e pericarpos com incrementos nos teores de Na, Cl e Ca, notadamente no tratamento em que se utilizou a aplicação de água salina de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, de forma contínua, o que se deveu às elevadas concentrações desses íons na água de irrigação.

Tabela 4.3 - Teores de elementos minerais na parte reprodutiva (grãos e cascas) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	K	Ca	Na	Cl	Mg	Mn	Cu	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
T1	17,56a**	0,72ab	0,74ab	8,87d	4,80a	24,39a	4,99a	39,57ab
T2	18,71a	0,69ab	0,77ab	11,83bcd	4,77a	23,13ab	5,75a	38,28ab
T3	17,93a	0,72ab	0,81a	13,23abc	4,63a	20,12ab	5,96a	43,07ab
T4	17,34a	0,75ab	0,80a	15,67a	4,58a	19,22ab	5,60a	40,14ab
T5	18,61a	0,78ab	0,65b	4,50e	4,58a	23,43ab	5,37a	38,77ab
T6	18,65a	0,59b	0,76ab	9,23d	4,58a	18,55b	5,31a	36,70ab
T7	18,19a	0,53b	0,74ab	11,75bcd	4,87a	18,43b	5,68a	41,87ab
T8	17,05a	0,58b	0,70ab	11,28bcd	4,58a	19,88ab	5,13a	37,85ab
T9	17,52a	0,65ab	0,77ab	13,01abc	4,65a	22,08ab	6,07a	33,17b
T10	18,99a	0,50b	0,72ab	8,58d	4,83a	23,38ab	5,93a	42,38ab
T11	19,18a	0,62ab	0,83a	9,10cd	4,56a	20,86ab	5,26a	45,90ab
T12	17,38a	0,99a	0,75ab	11,87bcd	4,57a	23,23ab	5,26a	44,69ab
T13	18,65a	0,83ab	0,79a	14,17ab	4,48a	22,79ab	5,19a	49,16a

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

4.3.3. Extração de minerais do solo

Os conteúdos de elementos minerais K, Ca, Mg, Na, Cl, Mn, Cu e Zn na planta do feijão-de-corda foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Resumo da análise de variância para o conteúdo de elementos minerais, em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento

Elementos minerais	Quadrados médios			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV (%)
K	2082,79**	620,82ns	253,86	17,02
Ca	369,60**	49,02ns	44,07	17,54
Mg	224,39**	21,12ns	17,51	14,49
Na	29,32**	2,28ns	4,67	22,90
Cl	965,09**	116,83ns	130,48	14,88
Mn	12969,24**	12467,97**	1753,16	22,05
Cu	85,35**	59,84**	14,79	17,61
Zn	5146,94**	4373,58**	938,45	19,40

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

De modo geral, os minerais analisados foram extraídos na seguinte ordem decrescente: K > Cl > Ca > Mg > Na > Mn > Zn > Cu (Tabela 4.5). Oliveira e Dantas (1984) encontraram sequência similar para os nutrientes extraídos pelo feijão-de-corda, os autores encontraram maior extração de K em relação ao N, maiores extrações de Ca, e não quantificaram as quantidades extraídas de Na e Cl (RUMJANEK *et al.*, 2005).

Comparando-se os tratamentos, verificou-se que a aplicação contínua de água salina (T4) e aplicação após o plantio até o final do ciclo (T13) ao nível de 5,0 dS m⁻¹ reduziu os totais extraídos de K, Ca, Na e Mg (Tabela 4.5). A menor extração de nutrientes nas plantas desses tratamentos deve-se, em grande parte, à redução no crescimento das plantas (Tabela 3.9 do capítulo 3) e indica que as quantidades de adubos aplicadas em cultivos irrigados com águas salinas devem ser menores do que as aplicadas em plantas irrigadas com águas não salinas (GRATTAN; GRIEVE, 1999; LACERDA, 2005). Caso contrário, as perdas de nutrientes por lixiviação poderão contribuir para a contaminação dos lençóis subterrâneos de água.

As quantidades de micronutrientes Mn, Cu e Zn extraídas são apresentadas na Tabela 4.5. No geral os menores valores de extração ocorreram nos tratamentos T4 e T13, onde foi aplicado água salina ao nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, durante todo ciclo e 11 dias após o plantio até o final do ciclo, respectivamente. Comparando-se os tratamentos, semelhante às quantidades extraídas de macronutrientes, verificou-se que a aplicação contínua de água salina (T4) e aplicação após 11 dias do plantio até o final do ciclo (T13) ao nível de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu os totais extraídos de Mn, Cu e Zn (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Quantidades extraídas de elementos minerais em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

	K	Ca	Na	Cl	Mg	Mn	Cu	Zn
Tratamentos*	g ha⁻¹				mg ha⁻¹			
T1	114,46a**	45,31ab	13,38a	59,82de	35,22a	231,32ab	24,56a	190,12a
T2	93,23abc	34,28bcde	8,31bcd	63,81cde	29,41abc	221,96ab	22,75a	144,48abc
T3	91,49abc	53,77a	10,16abcd	65,21cde	30,35abc	182,87abcd	19,81ab	145,77abc
T4	52,22d	21,66e	6,64cd	56,87e	17,87de	93,76d	13,88b	87,35c
T5	116,35a	43,08abc	12,97ab	88,94abc	34,54ab	232,06ab	26,83a	172,52ab
T6	107,46ab	39,03bcd	12,50ab	91,59ab	36,51a	242,89a	25,61a	167,37ab
T7	114,46a	45,50ab	11,17abc	98,40a	33,23ab	244,30a	23,97a	179,18a
T8	104,53ab	39,74abcd	10,46abc	83,40abcd	36,02a	189,86abc	25,30a	176,28ab
T9	92,31abc	40,67abc	18,96abcd	69,88bcde	31,02abc	212,57ab	22,29ab	144,87abc
T10	89,11abc	34,66bcde	9,30abcd	79,35abcde	25,96bcd	161,37abcd	22,29ab	161,72ab
T11	103,82ab	37,73bcd	9,43abcd	95,42a	25,88bcd	209,34ab	23,63a	206,42a
T12	78,74bcd	30,48cde	7,41cd	75,08abcde	23,08cde	145,57bcd	19,11ab	166,33ab
T13	58,46cd	26,03de	5,45d	69,94bcde	16,29e	101,17cd	13,94b	109,87bc

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5

4.3.4. Distribuição de elementos minerais e eficiência de utilização de nutrientes

A distribuição de elementos minerais na planta foi afetada significativamente pelos tratamentos, em todos os elementos analisados (Tabela 4.6), sendo que, de modo geral, os elementos minerais analisados também se acumularam preferencialmente na parte vegetativa (Tabela 4.7).

Tabela 4.6 - Resumo da análise de variância para a distribuição de elementos minerais de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Elementos minerais	Quadrados médios					
	Tratamentos	Parte da planta	Tratamentos x parte da planta	Blocos	Resíduo	CV (%)
K	1041,38**	51579,90**	538,40**	310,35*	112,58	22,67
Ca	184,80**	41685,69**	185,65**	24,51ns	22,08	24,84
Mg	112,20**	514,30**	71,60**	10,57ns	8,47	20,16
Na	14,67**	1814,82**	13,32**	1,14ns	2,26	30,96
Cl	482,55**	65504,95**	650,87**	58,41ns	67,49	21,41
Mn	6484,69**	516171,62**	5248,69**	6233,85**	1007,18	33,42
Cu	42,67**	998,69**	17,57**	29,92**	5,81	22,07
Zn	2573,36**	44050,71**	1084,45**	2336,88**	452,77	26,96

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

De modo geral, os minerais K, Ca e Mg (Tabela 4.7) permaneceram preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores superiores a 70% assim como os elementos Na e Cl que se acumularam também nas partes vegetativas com valores superiores a 80 e 70%, respectivamente (Tabela 4.8). O Mn (Tabela 4.9) permaneceu preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores superiores a 70%. O Cu e o Zn (Tabela 4.10) também permaneceram preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores, em geral, acima de 60%. Isso mostra que os restos culturais de feijão-de-corda constituem-se fontes importantes desses nutrientes que podem retornar ao solo após a incorporação dos restos no final do ciclo.

Comparando as percentagens em relação à distribuição dos elementos minerais K, Ca e Mg (Tabela 4.7), Na e Cl (Tabela 4.8) e Mn, Cu e Zn (Tabelas 4.9 e 4.10) contidas nas partes vegetativas e reprodutivas dos diferentes tratamentos, verificou-se que os tratamentos T4 e T13 se diferenciaram dos demais, apresentando os menores valores desses elementos na parte vegetativa.

Tabela 4.7 - Distribuição de K, Ca e Mg, em kg ha⁻¹, na parte vegetativa (Veg) e reprodutiva (Rep) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos	K		Ca		Mg	
	Veg	Rep	Veg	Rep	Veg	Rep
T1	84,94aA** (74,16)***	29,52aB (25,84)	44,09abA (97,24)	1,22aB (2,76)	27,15abA (76,44)	8,07aB (23,56)
T2	65,73abA (70,12)	27,50aB (29,88)	33,28cdeA (97,04)	0,99aB (2,96)	22,39bcdeA (75,46)	7,01aB (24,54)
T3	70,69abA (76,15)	20,80aB (23,85)	52,93aA (98,33)	0,84aB (1,67)	24,96abcA (81,99)	5,39aB (18,01)
T4	33,01cA (63,25)	19,21aB (36,75)	20,84fA (96,16)	0,82aB (3,84)	12,82fgA (71,72)	5,05aB (28,28)
T5	83,30aA (70,66)	33,05aB (29,34)	41,71bcA (96,79)	1,37aB (3,21)	26,47abA (76,59)	8,07aB (23,41)
T6	80,05aA (74,59)	27,40aB (25,41)	38,13bcdA (97,72)	0,89aB (2,28)	29,29aA (80,35)	7,22aB (19,65)
T7	85,04aA (73,66)	29,41aB (26,34)	44,65abA (98,10)	0,85aB (1,90)	25,86abA (77,39)	7,37aB (22,61)
T8	77,72aA (73,69)	26,80aB (26,31)	38,82bcdA (97,62)	0,91aB (2,38)	28,70aA (78,99)	7,32aB (21,01)
T9	66,37abA (71,89)	25,94aB (28,11)	39,72bcA (97,64)	0,95aB (2,36)	23,87abcdA (77,00)	7,14aB (23,00)
T10	62,60abA (69,87)	26,51aB (30,13)	33,97cdeA (97,99)	0,69aB (2,01)	19,56cdeA (75,49)	6,35aB (24,51)
T11	68,98abA (66,09)	34,84aB (33,91)	36,60bcdA (96,94)	1,13aB (3,06)	17,76defA (68,43)	8,12aB (31,57)
T12	53,00bcA (67,34)	25,74aB (32,66)	28,99defA (95,05)	1,49aB (4,95)	16,40efgA (71,20)	6,67aB (28,80)
T13	35,83cA (61,12)	22,63aA (38,88)	25,02efA (95,99)	1,01aB (4,01)	11,26gA (68,71)	5,03aB (31,29)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5; *** Valores entre parênteses representam a percentagem em cada parte da planta

Tabela 4.8 - Distribuição de Na e Cl, em kg ha⁻¹, na parte vegetativa (Veg) e reprodutiva (Rep) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	Na		Cl	
	Veg	Rep	Veg	Rep
T1	12,13aA** (90,51)***	1,25aB (9,49)	44,91deA (74,60)	14,91aB (25,39)
T2	7,17cdefA (86,10)	1,14aB (13,90)	46,57deA (72,51)	17,24aB (27,49)
T3	9,21abcdA (89,94)	0,95aB (10,06)	49,80cdeA (75,19)	15,40aB (24,81)
T4	5,76efA (86,65)	0,88aB (13,35)	39,49eA (69,64)	17,38aB (30,36)
T5	11,82aA (90,67)	1,14aB (9,33)	80,99aA (90,92)	7,94aB (9,07)
T6	11,39abA (91,03)	1,11aB (8,97)	77,84aA (85,12)	13,74aB (14,88)
T7	9,97abcA (88,81)	1,20aB (11,19)	79,48aA (80,49)	18,93aB (19,51)
T8	9,35abcdA (88,88)	1,11aB (11,12)	65,65abcA (78,11)	17,74aB (21,89)
T9	7,82cdeA (87,18)	1,14aB (12,82)	50,68bcdeA (72,51)	19,19aB (27,49)
T10	8,30bcdeA (88,71)	0,99aB (11,29)	67,68abA (85,04)	11,67aB (14,95)
T11	7,92cdeA (83,71)	1,50aB (16,29)	77,24aA (80,66)	18,17aB (19,33)
T12	6,30defA (84,70)	1,11aB (15,30)	57,58bcdA (76,63)	17,49aB (23,37)
T13	4,49fA (81,91)	0,96aB (18,09)	52,73bcdeA (74,86)	17,20aB (25,13)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5; *** Valores entre parênteses representam a percentagem em cada parte da planta

Tabela 4.9 - Distribuição de Mn, em g ha⁻¹, na parte vegetativa de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	Mn	
	Veg	Rep
T1	190,40abA (81,57)	40,92aB (18,43)
T2	187,72abA (84,20)	34,24aB (15,80)
T3	159,39abcA (86,39)	23,48aB (13,61)
T4	72,55dA (77,30)	21,21aB (22,70)
T5	190,44abA (81,39)	41,62aB (18,61)
T6	215,46aA (88,09)	27,44aB (11,91)
T7	214,77aA (86,95)	29,54aB (13,05)
T8	158,70abcA (83,37)	31,16aB (16,63)
T9	179,97abA (84,24)	32,59aB (15,76)
T10	128,60bcdA (79,65)	32,77aB (20,35)
T11	171,36abcA (80,76)	37,98aB (19,24)
T12	110,77cdA (76,14)	34,79aB (23,86)
T13	73,54dA (72,28)	27,62aB (27,72)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5; *** Valores entre parênteses representam a percentagem em cada parte da planta

Tabela 4.10 - Distribuição de Cu e Zn, em g ha⁻¹, na parte vegetativa de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	Cu		Zn	
	Veg	Rep	Veg	Rep
T1	16,16abA (65,57)	8,40aB (34,43)	123,37aA (63,29)	66,75aB (36,71)
T2	14,09abA (62,07)	8,66aB (37,93)	87,46abcA (60,37)	57,02aB (39,63)
T3	12,89abA (64,45)	6,91aB (35,55)	95,29abA (64,67)	50,48aB (35,33)
T4	7,61cA (55,52)	6,27aA (44,48)	42,97cA (49,10)	44,39aA (50,90)
T5	17,32aA (64,10)	9,51aB (35,90)	103,07aA (59,31)	69,45aB (40,69)
T6	17,72aA (69,25)	7,90aB (30,75)	112,84aA (67,76)	54,53aB (32,24)
T7	14,70abA (61,52)	9,28aB (38,48)	111,63aA (61,63)	67,55aB (38,37)
T8	17,23aA (67,32)	8,06aB (32,68)	116,78aA (64,53)	59,51aB (35,47)
T9	13,31abA (59,75)	8,98aB (40,25)	96,01aA (67,56)	48,86aB (32,44)
T10	14,05abA (63,00)	8,24aB (37,00)	102,71aA (63,10)	59,00aB (36,90)
T11	14,04abA (58,83)	9,59aB (41,17)	122,93aA (58,83)	83,49aB (41,17)
T12	11,25bcA (58,72)	7,86aB (41,28)	100,14aA (59,64)	66,19aB (40,36)
T13	7,64cA (54,36)	6,30aB (45,64)	50,25bcA (45,56)	59,62aA (54,44)

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5; *** Valores entre parênteses representam a percentagem em cada parte da planta

A eficiência na utilização de nutrientes, representada pela relação entre a produção de matéria seca e a extração total de nutrientes pelas plantas, foi afetada significativamente pelos tratamentos empregados, com exceção do K e Cu (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 - Resumo da análise de variância para a eficiência de utilização de nutrientes considerando a produção de matéria seca total (EUNp) e a produção de grãos (EUNgr) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Nutrientes	Quadrados médios – EUNp			
	Tratamentos	Blocos	Resíduo	CV (%)
K	15,81ns	70,03**	11,01	7,85
Ca	841,24**	7,58ns	116,43	10,24
Mg	1161,99**	20,99**	208,75	10,49
Mn	37,07**	58,03**	8,04	13,08
Cu	266,50ns	2149,95**	241,50	8,60
Zn	25,23*	63,18*	10,48	12,79
Quadrados médios – EUNgr				
K	17,90**	1,84ns	3,69	15,03
Ca	162,27**	34,52ns	38,06	19,25
Mg	350,92**	54,83ns	37,51	14,67
Mn	10,08**	8,49**	1,61	19,21
Cu	209,65**	168,35*	63,59	14,66
Zn	4,60**	4,93*	1,65	16,87

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

A otimização da eficiência nutricional é de grande importância na produção das culturas anuais, devido ao custo dos fertilizantes, imprescindíveis para o aumento da produtividade (FAGERIA, 1998). De modo geral, a eficiência nutricional pode ser medida pelas eficiências de absorção e utilização, sendo que nos cálculos pode ser considerada a produção primária ou a produção de interesse agrônomo (FAGERIA, 1998). No presente estudo, constatou-se que as plantas de todos os tratamentos apresentaram comportamentos distintos em relação à eficiência de utilização de todos os nutrientes considerando a produção primária e a produção de grãos, exceto para K e Cu (Tabela 4.11), quando se considerou a relação entre a produção de matéria seca total e os totais de nutrientes extraídos pelas plantas.

Tabela 4.12 - Eficiência de utilização de nutrientes considerando a produção de matéria seca total (EUNp), em kg de matéria seca/kg de nutriente extraído e Eficiência de utilização de nutrientes, em kg de grãos produzidos/kg de nutriente extraído (EUNgr) de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Tratamentos*	EUNp					
	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn
T1	40,56a**	105,49a	133,86bcd	20,69abc	189,20a	25,51ab
T2	40,85a	111,70a	130,72bcd	17,54c	170,27a	26,77ab
T3	39,88a	67,25b	117,81d	19,88abc	183,69a	24,58ab
T4	45,17a	108,20a	131,13bcd	25,14ab	172,98a	27,13ab
T5	40,86a	108,07a	135,62bcd	21,16ab	174,71a	27,51ab
T6	41,40a	113,59a	121,74cd	19,21bc	177,43a	26,62ab
T7	40,44a	99,88a	137,63abc	19,46bc	193,10a	25,80ab
T8	43,23a	115,51a	126,15cd	23,94ab	178,48a	26,17ab
T9	42,84a	97,11a	126,78cd	18,89bc	177,16a	28,52a
T10	43,58a	111,52a	148,14abcd	24,20ab	172,87a	24,23ab
T11	42,16a	116,24a	168,73a	21,55abc	187,45a	21,33b
T12	44,02a	113,91a	150,46bcd	24,03ab	183,91a	21,11b
T13	44,87a	101,81a	160,94ab	26,10a	188,11a	23,88ab
Tratamentos*	EUNgr					
	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn
T1	11,25c	29,56ab	37,51bcd	5,81cd	52,67abc	7,20ab
T2	12,53abc	34,64a	40,37bcd	5,39cd	51,90abc	8,13ab
T3	10,61c	18,07b	30,83d	5,35cd	48,94abc	6,43b
T4	16,42a	39,45a	47,79abc	9,14ab	63,02ab	9,86a
T5	12,44abc	32,69a	40,63bcd	6,39bcd	53,01abc	8,35ab
T6	10,60c	29,33ab	31,32d	4,95d	45,35c	6,83b
T7	11,24c	27,85ab	38,30bcd	5,52cd	53,00abc	7,17ab
T8	11,95bc	32,70a	35,09cd	6,69abcd	49,97abc	7,31ab
T9	12,69abc	28,92ab	37,65bcd	5,64cd	52,64abc	8,43ab
T10	12,14bc	31,14ab	40,99bcd	6,71abcd	47,89bc	6,75b
T11	13,81abc	38,09a	55,12a	7,09abcd	61,31abc	6,99b
T12	14,62abc	37,90a	49,92ab	8,02abc	61,12abc	7,04ab
T13	15,91ab	36,43a	57,16a	9,29a	66,49a	8,40ab

*Para descrição dos tratamentos, ver legenda da Figura 4.2. **Médias nas colunas com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. n = 5.

4.4. CONCLUSÕES

Ocorreu acúmulo de sais no solo durante o cultivo do feijão-de-corda nos tratamentos em que se utilizou água de elevada salinidade. 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 e aplicação da água salina apenas no estágio final reduziu o impacto sobre o solo;

A distribuição horizontal da salinidade variou com respeito à distância de medição da planta. A salinidade foi maior nos pontos distantes (15 cm) do que nos pontos mais próximos (7 cm), tanto na linha de plantio como entre linhas;

Os teores dos elementos minerais avaliados no presente estudo, em geral, foram maiores nas partes vegetativas do que reprodutivas, e não se observou uma influência clara da salinidade nem das estratégias de manejo de irrigação empregadas;

Em termos quantitativos as plantas de feijão-de-corda extraem os minerais na seguinte ordem decrescente: $K > Cl > Ca > Mg > Na > Mn > Zn > Cu$;

A aplicação contínua de água de elevada salinidade reduziu os totais extraídos dos elementos minerais, enquanto os tratamentos com uso de estratégias de manejo como a aplicação alternada de águas de baixa e alta salinidade ao longo do ciclo da cultura e aplicação da água salina apenas no estágio final apresentaram resultados similares ao tratamento que recebeu apenas água do canal.

4.5. REFERÊNCIAS

- ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.
- BARROS, M. F. C. *et al.* Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p.320-326, 2005.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.
- CHEN W. *et al.* Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China. **Agricultural Water Management**, v.97, p.2001–2008, 2010.
- CHEN, M. *et al.* Drip irrigation with saline water for oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Agricultural Water Management**, v.96, p.1766–1772, 2009.
- COSTA, R. N. T. *et al.* Indicadores econômicos da recuperação de um solo sódico em condições de drenagem subterrânea no Vale do Curu, CE. **Irriga**, v.10, p.272-278, 2005.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.6-16, 1998.
- GAINES, T. P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v.76, p.371-374, 1984.
- GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p.355-361, 2000.
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p.127–157, 1999.
- GUIMARÃES, F. V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão de corda cv Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄**. 2005. 176f. Tese (Doutorado em bioquímica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- GUIMARÃES *et al.* Supplemental Ca²⁺ does not improve growth but affects nutrient uptake in NaCl-stressed cowpea plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology** (No prelo), 2012.

HOLANDA, J. P.; AMORIM, J. R. A. Qualidade de água para irrigação. *In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-169.

HUSSEIN, M. M.; EL-FAHAM, S. Y.; ALVA, A. K. Pepper plants growth, yield, photosynthetic pigments, and total phenols as affected by foliar application of potassium under different salinity irrigation water. *Agricultural Sciences*, v.3, n.2, p.241-248, 2012.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca²⁺ como meio para minorar tais efeitos**. 1995. 87f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. *In: NOGUEIRA, R. J. C.; et al. Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE: Imprensa universitária, 2005, p.95-105.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura irrigada: Estudos básicos e aplicados*. cap. 17, p.303-317. 2010.

LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; NEVES, A. L. R. Problemas de salinidade na agricultura: identificação e formas de convivência. *In: ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. Semiárido e o manejo dos recursos naturais: Uma proposta de uso adequado do capital natural*. Imprensa Universitária: Fortaleza-CE, 2010. p.288-309.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. p.319.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. *In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 6, p.231-242.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. *Ciência e Cultura*, v.36, n.11, 1984.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant and Cell Environment*, v.25, 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, A. L. R. *et al.* Monitoring soil coverage and yield of cowpea furrow irrigated with saline water. *Revista Ciência Agrônômica*, v.41, n.1, p.59-66, 2010.

NEVES, A. L. R. **Irrigação do feijão-de-corda com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento e seus efeitos sobre a planta e o solo**. 2008. 115f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

NEVES, A. L. R. *et al.* Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.4, p.569-574, 2008.

NEVES, A. L. R. *et al.* Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.758-765, 2009.

OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. **Sintomas de deficiências nutricionais e recomendações de adubação para o caupi**. EMBRAPA-CNPAP, 1984. 23p.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

PALÁCIO, H. A. Q. *et al.* Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.395-402, 2011.

PATEL, P. R. *et al.* Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. **Brazilian Society of Plant Physiology**, v.22 n.1 p.43-48, 2010.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas na produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160p.

RUMJANEK, N. G. *et al.* Composição química da semente. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. cap. 8, p.339-365.

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. *In*: SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA. Paraíba. **Anais...** Paraíba: UFPB, 1997. p. 363-383.

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

SILVA, F. A. S. E.; 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, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.28, n.2, p.136-159, 2007.

SOUSA, R. A. *et al.* Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1 p.75-82, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782p.

TAWFIK, K. M. Evaluating the use of rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.4, n.1, p.26-33, 2008.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.804-810, 2006.

APÊNDICE A- Avaliação dos dessalinizadores de Pentecoste-CE

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

CONFIDENCIAL**AVALIAÇÃO DOS DESSALINIZADORES DE PENTECOSTE-CE****Nº DO QUESTIONÁRIO****DADOS DO ENTREVISTADO**

Nome _____

Local _____

Pesquisador(a):
_____Supervisor(a):

Data da aplicação: ___/___/___

Data da revisão: ___/___/___

Aluna de Doutorado: Antônia Leila Rocha Neves
Professor orientador: Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Fortaleza-CE

Novembro-2009

- c. Estado civil**
1. Solteiro (a)
 2. Casado (a)
 3. União consensual
 4. Viúvo (a)
 5. Separado (a)

d. Local de nascimento

1. No mesmo município da entrevista
2. Em outro município do mesmo estado
3. Em outro estado
4. Outro
(especificar)_____

g e h. Razão pela qual não frequenta a escola

1. A escola fica longe
2. O ensino é caro
3. A escola toma muito tempo. Nós precisamos das crianças para ajudar no trabalho
4. As crianças não gostam de estudar
5. O ensino não serve para nada. O trabalho é mais importante
6. Os professores não prestam
7. Falta escola
8. Falta professores
9. Falta transporte
10. O transporte é caro
11. Para casar
12. Porque nunca quis estudar = Falta de interesse do aluno
13. Para trabalhar = Na época era tudo muito difícil, a família era pobre
14. Saiu do Município
15. Falta da documentação
16. Estava satisfeito com o Estudo
17. Por doença
18. Tinha medo do professor, pois castigava os alunos
19. Não sabe
20. Racismo
21. Falta vaga na escola

CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE, ACESSO À TERRA E MIGRAÇÃO

15. Quais as principais atividades?

1. Criação de pequenos animais
2. Criação de bovinos
3. Agricultura de sequeiro
4. Agricultura irrigada
5. Outro (especifique) _____

16. Principais culturas (Listar)

17. Trabalha em área própria? Sim () Não ()

FONTE DE ÁGUA

18. Qual a água usada nos seguintes consumos:

Fontes	Beber	Alimento	Higiene Pessoal	Consumo animal	Agricultura
1. Poço/nascente					
2. Rio					
3. Açude ou Barreiro					
4. Água do vizinho					
5. Dessalinizador ^{1,2}					
6. Cisternas					
7. Sistema de abastecimento					
8. Outra (especificar)					

¹ Nível de importância: 1. Grande; 2. Média; 3. Pequena; 4. Desnecessário.

² Quantos anos utiliza o dessalinizador?

19. Como é o acesso às fontes de água para os seguintes consumos?

Fontes	Beber	Alimento	Higiene Pessoal	Consumo animal	Agricultura
1. Poço/nascente					
2. Rio					
3. Açude ou Barreiro					
4. Água do vizinho					
5. Dessalinizador					
6. Cisternas					
7. Sistema de abastecimento					
8. Outra (especificar)					

1. Abastecimento; 2. Jumento; 3. Moto; 4. Carro; 5. Bicicleta; 6. Outros

SAÚDE

20. Incidência de doenças na família nos últimos 5 anos:

Quantas pessoas da família tiveram:		Em relação à ocorrência de doenças antes da instalação do dessalinizador esse número:
Nº de pessoas		1. Aumentou 2. Igual 3. Diminuiu
A) Doenças cardíacas/Hipertensão		
B) Dengue		
C) Tuberculose		
D) Doença de Chagas		
E) Diarréia		
F) Febre amarela		
G) Hepatite		
H) Asma		
I) Catapora/Papeira/Rubéola/Sarampo		
J) Doença Renal		
K) Diabetes		
L) Verminoses		
M) Outras doenças		

DESSALINIZADOR

21. Qualidade da água do poço

1. Salobra
2. Muito salobra
3. Normal

22. Qualidade da água dessalinizada

1. Resolve o problema da água
2. Resolve parcialmente o problema da água
3. É igual à água do poço

23. Obtenção da água: Quantos litros por família por dia? _____ É suficiente? () sim () não

24. Há quanto tempo utiliza água dessalinizada?

ASPECTOS AMBIENTAIS

25. Que método de controle de praga o Sr. (a) utiliza, na unidade produtiva?

1. Biológico
2. Agrotóxico
3. Nenhum método

26. Faz utilização de fogo nas atividades agropecuárias?

1. Sim
2. Não

27. Faz plantio de árvore para fins de conservação de solos?

1. Sim
2. Não

28. Existe alguma área de reserva de mata nativa na propriedade?

1. Sim
2. Não

29. Existe alguma prática de plantio para evitar a degradação do solo?

1. Sim
2. Não

30. Faz rotação de cultura?

1. Sim
2. Não

31. Se necessário, faz calagem?

1. Sim
2. Não

32. Utiliza o solo de acordo com a sua vocação?

1. Sim
2. Não

33. Qualidade do solo (erosão e fertilidade)

- 1 - Qualidade do solo é considerada ótima
- 2 - Qualidade do solo é considerada boa
- 3 - Qualidade do solo é considerada regular
- 4 - Qualidade do solo é considerada ruim

34. Qual o destino dado aos rejeitos dos dessalinizadores?

1. Irrigação
2. Consumo dos animais
3. Lagoa
4. Outros (especificar) _____

35. Tem idéia dos efeitos que os rejeitos podem causar no ambiente? () Sim () Não
Especificar:

RENDA

Renda obtida com atividades agrícolas e não-agrícolas e quaisquer outras fontes que houver.

36. De onde retira a maior parte de sua renda anual?

1. De atividades agrícolas
2. De atividades não agrícolas
3. Aposentadoria
4. Auxílios governamentais

37. Quais as principais atividades agrícolas (Citar)

38. Quais as principais atividades não agrícolas (Citar)

39. Quais os auxílios recebidos pela família

- A) Bolsa família: (R\$) [.....]
- B) Bolsa alimentação: (R\$) [.....]
- C) Cartão alimentação: (R\$) [.....]
- D) Cesta básica: (R\$) [.....]
- E) Valor equivalente aos benefícios do Programa do Leite : (R\$) [.....]
- F) Vale ou auxílio gás: (R\$) [.....]
- G) Bolsa escola: (R\$) [.....]
- H) Educação ou creche: (R\$) [.....]
- I) Programa de Erradicação do Trabalho Infantil (PETI): (R\$) [.....]
- J) Transporte: (R\$) [.....]
- K) Para saúde ou reabilitação: (R\$) [.....]
- L) Seguro desemprego: (R\$) [.....]
- M) Garantia à safra: (R\$) [.....]
- N) PROAGRO: (R\$) [.....]
- O) Auxílio emergenciais em calamidades: (R\$) [.....]
- P) Outros programas de complementação de renda: (R\$) [.....]

INSTRUMENTOS DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO

Assistência Técnica

40. O senhor(a) já recebeu algum tipo de assistência governamental para orientá-lo sobre técnicas de cultivo, preços e problemas de ciclo de oferta?

1. Sim
2. Não

Se sim, indicar os órgãos que prestam assistência técnica:

1. EMATERCE
2. COOPERATIVA
3. INSTITUIÇÃO PRIVADA (ONG)
4. SINDICATO
5. SEPLAN
6. LBA
7. Secretaria de Recursos Hídricos
8. BNB
9. Não sabe
10. Outro (especificar) _____

41. A assistência técnica recebida tem melhorado o desempenho da sua propriedade?

1. Sim
2. Não
3. Não recebeu

42. Qual a frequência da assistência técnica recebida?

1. Semanalmente
2. Quinzenalmente

3. Mensalmente
4. Bimestralmente
5. Trimestralmente
6. Manualmente
7. Atualmente não recebe
8. Outro (especificar): _____

43. Quanto à FREQUÊNCIA, a assistência prestada é:

1. Excelente
2. Bom
3. Regular
4. Insatisfatória
5. Não recebe

44. Quanto à QUALIDADE, a assistência prestada é:

1. Excelente
2. Bom
3. Regular
4. Insatisfatória
5. Não recebe

GRAU DE ORGANIZAÇÃO

45. Você ou alguém de sua família participa de alguma organização social, política ou religiosa?

1. Sim
2. Não

46. Qual? (preencha com 1-Sim, para as duas mais importantes e com 2- Não para as demais)

- [.....] A) Movimento dos Agricultores Sem Terra – MST
[.....] B) Sindicato rural (CONTAG, FETAG etc.)
[.....] C) Pastoral da Terra
[.....] D) Associação comunitária
[.....] E) Associação ou cooperativa de produtores
[.....] F) Partido político
[.....] G) Outra, qual?.....

Participação civil e governança

47. Com que frequência você (produtor rural) faz/fazia solicitações aos órgãos públicos para resolver problemas?

1. Muita frequência
2. Pouca frequência
3. Nunca

48. Quantas destas solicitações foram/eram atendidas?

1. Maioria
2. Algumas
3. Nenhuma

Acesso à Informação

49. Hoje em dia quando tem que tomar decisões a respeito de assunto de interesse da comunidade, vocês recebem informações sobre o assunto:

1. Suficientes
2. Insuficientes
3. Não recebem informações

50. Qual é a fonte principal de informações dos preços dos produtos?

1. Rádio e/ou TV
2. Boletim
3. Intermediário
4. Diretamente no mercado ou feira
5. Agente do governo
6. Serviço de informações de mercado (SIM)
7. Jornais
8. Amigos da comunidade
9. Não se informa de preços, pois não comercializa
10. Outros: _____

51. Quando recebeu as informações dos preços?

1. Antes do plantio
2. Durante o cultivo
3. Durante a colheita
4. Na hora da venda
5. Nunca recebeu.

52. Em que parâmetro o senhor se baseia para determinar quanto plantar?

1. De acordo com a terra disponível / tamanho da área
2. Depende da quantidade de semente
3. Depende do inverno
4. Depende da mão-de-obra familiar (disposição / idade / número de pessoas)
5. Depende das pragas
6. Depende do consumo previsto para a família
7. Depende da quantidade prevista após a colheita para comercialização
8. Depende da quantidade proposta pelo proprietário
9. Depende da disponibilidade de implementos e máquinas agrícolas

10. Depende de crédito para pagamento da mão-de-obra / plantio

11. Depende da cultura escolhida

12. Não se baseia em nada / não sabe

13. Outros

53. Que ações você utiliza para manter-se atualizado?

[.....] Participa de eventos (congressos, feiras, exposições nacionais e internacionais)

[.....] Participa de cursos

[.....] Realiza articulação institucional (parcerias e ações conjuntas com órgãos classistas, cooperativas, Sindicatos, associações de produtores etc.)

[.....] Assina revistas especializadas

[.....] TVs, Rádios

[.....] Revistas, Jornais

[.....] Nenhuma

Se 'Outra', especifique: _____

54. Que estratégias o produtor utiliza para vender (promover) seus produtos?

[.....] eventos e feiras

[.....] outras

[.....] nenhuma

Se 'outras', defina: _____

ENTRAVES ENFRENTADOS

55. Quais os obstáculos ao atual nível de produção da agricultura? (Marque até 3 opções, em ordem de importância)

[.....] preço para venda

[.....] crédito

[.....] mercado

[.....] matéria-prima

[.....] assistência técnica

[.....] capacidade de armazenamento

[.....] competitividade dos produtos

[.....] outros Se 'outros', especifique:

56. Os agricultores, associação, cooperativas ou sindicatos estão tomando alguma medida para superá-los?

1. Sim

2. Não

57. Que tipo de ação está sendo tomada?

58. Esse problema é específico:

1. do agricultor
2. da cultura
3. da região
4. do setor
5. outro

59. Explicar: _____

60. Cite as principais carências que o produtor possui: (Marque quantas forem necessárias, em ordem de importância)

1. Terra [.....]
2. Água [.....]
3. Irrigação [.....]
4. Assistência Técnica [.....]
5. Crédito [.....]
6. Gado / Animais de trabalho (burro) [.....]
7. Estrada [.....]
8. Insumos / Máquinas [.....]
9. Preços dos produtos [.....]
10. Agroindústrias [.....]
11. Mão-de-obra [.....]
12. Mercado para vender o produto [.....]
13. Energia Elétrica [.....]
14. Não sabe [.....]
15. Casa (habitação) [.....]
16. Transporte [.....]
17. Outro (especificar) _____ [.....]

61. Comente:

62. Para finalizar, se não fosse água dessalinizada qual o Sr. (a) acha que poderia ser utilizada?

APÊNDICE B – Sumário executivo

SUMÁRIO EXECUTIVO

ESTRATÉGIAS VISANDO O USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA SALINA NO CULTIVO DO FEIJÃO-DE-CORDA

INTRODUÇÃO

Foram instalados no Estado do Ceará, pela SOHIDRA, um total de 450 equipamentos de dessalinização da água por osmose reversa até o ano de 2012. Levando-se em consideração que 40 a 70% da água dessalinizada é rejeito, muita água está sendo desperdiçada e causando danos ao meio ambiente.

Face ao inadequado descarte do rejeito gerado pela dessalinização das águas de poços perfurados nas comunidades visitadas de acordo com os resultados do capítulo 1 da Tese, intitulado: Uso de rejeito de dessalinizador nas comunidades de Pentecoste – Ceará, foi realizado um experimento de campo na Fazenda Experimental Vale do Curu-FEVC, pertencente à Universidade Federal do Ceará-UFC, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade-INCTSal, com feijão-de-corda irrigado com água de rejeito com diferentes estratégias de uso dessas águas. Então, sentiu-se a necessidade de propor uma busca para destino do rejeito gerado por estas comunidades por meio de sua utilização na produção de alimentos. Propõe-se um projeto piloto com metas, ações e resultados esperados, visando fortalecer a agricultura familiar com a garantia da subsistência e a venda do excedente.

De acordo com a problemática levantada, verifica-se que a sustentabilidade requer participação popular, aceitação das tecnologias desenvolvidas, custo moderado de investimento/operação e envolvimento de vários segmentos da sociedade.

A estratégia para o envolvimento da comunidade na tecnologia do uso do rejeito da dessalinização de águas salinas, provenientes de poços subterrâneos, utilizará como instrumento, reuniões e atividades de educação ambiental, utilizando a pesquisa participativa, no sentido de sensibilizar e mobilizar os gestores públicos, os professores da Escola da comunidade, os alunos, suas famílias, a prefeitura, associações para a viabilização do projeto de uso dessas águas.

OBJETIVO PARA UM PROJETO PILOTO

Executar as ações propostas nas conclusões da pesquisa de campo intitulada “Estratégias visando o uso sustentável de água salina no cultivo do feijão-de-corda”, junto ao governo municipal de Pentecoste-CE.

METAS

Capacitar os atores locais a utilizarem, de forma ambientalmente correta, as águas do rejeito para fins de irrigação e produção agrícola.

Produzir sem degradar o solo, utilizando o rejeito da dessalinização.

Adotar as práticas utilizadas no experimento de campo com feijão-de-corda.

Gerar renda às famílias, com a venda do excedente da produção no comércio local.

Possibilitar impactos positivos nos aspectos socioeconômicos e ambiental da comunidade abastecida com unidades de captação e tratamentos de água por dessalinização.

Promover um diálogo com os atores envolvidos no sentido de dar continuidade ao projeto.

Implementar outras alternativas de reuso de rejeito da dessalinização, utilizando como modelo, o projeto do Ministério do Meio Ambiente, através do Programa Água Doce.

AÇÕES

Mostrar os resultados encontrados por ocasião do experimento de campo, como uma ação concreta para utilização destas águas de rejeito.

Envolver os atores locais para participação na experiência no uso de água de rejeito da dessalinização.

Montar experimentos com uso de água de rejeito na irrigação do feijão-de-corda e milho.

Mobilizar a comunidade a criar uma associação de moradores.

Buscar financiamentos.

RESULTADOS ESPERADOS

Os atores locais tomem consciência das atividades voltadas para uso ambientalmente correto do solo e das águas do rejeito para fins de irrigação e produção agrícola.

Que os atores locais aprendam a utilizar a água de rejeito gerada por ocasião da dessalinização das águas de poços tubulares.

Organização das famílias para gerar renda, com a venda do excedente da produção no comércio local, de modo a possibilitar impactos positivos nos aspectos socioeconômicos e ambiental das comunidades abastecidas com unidades de captação e tratamentos de água por dessalinização no município de Pentecoste-Ceará.

Envolvimento de todos os setores da comunidade, para que entendam todo processo e participem ativamente.

Ocupação e renda para a população da comunidade.