

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE NEOSSOLO FLÚVICO DO
SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO CULTIVADO COM TOMATEIRO
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS**

Israel Venismare Cordeiro Gonçalves

**RECIFE – PE
MARÇO – 2010**

ISRAEL VENISMARE CORDEIRO GONÇALVES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE NEOSSOLO FLÚVICO DO SEMIÁRIDO DE
PERNAMBUCO CULTIVADO COM TOMATEIRO IRRIGADO COM ÁGUAS
SALINAS**

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo da Universidade
Federal Rural de Pernambuco,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciência do Solo.**

**RECIFE – PE
MARÇO – 2010**

Ficha catalográfica

G635a Gonçalves, Israel Venismare Cordeiro
 Atributos químicos de Neossolo Flúvico do semiárido de
 Pernambuco cultivado com tomateiro irrigado com águas
 salinas / Israel Venismare Cordeiro Gonçalves. -- 2010.
 69 f.: il.

 Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.
 Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do
 Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Departamento de Agronomia, Recife, 2010.
 Referências.

 1. *Lycopersicum esculentum* 2. Solos salinos 3. Química
 do solo 4. Irrigação I. Freire, Maria Betânia Galvão dos
 Santos, orientadora II. Título

CDD 631.41

ISRAEL VENISMARE CORDEIRO GONÇALVES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE NEOSSOLO FLÚVICO DO SEMIÁRIDO DE
PERNAMBUCO CULTIVADO COM TOMATEIRO IRRIGADO COM ÁGUAS
SALINAS**

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo da Universidade
Federal Rural de Pernambuco,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciência do solo.**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora 05 de março de 2010

Orientadora:

Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

Examinadores:

Dr. Dimas Menezes

Dr^a. Ceres Duarte Guedes Cabral de Almeida

Dr^a. Maria de Fatima Cavalcanti Barros

“Feliz da vida”

Tô feliz, tô nem aí
Por mais que você não queira
Eu tô feliz, e daí?

Tô feliz, tô nem aí
Por mais que você não queira
O que eu quero é sorrir

Eu tô feliz
Porque ando com as pernas que Deus me deu
Feliz porque fiz do trabalho um atalho pros sonhos meus
Feliz pelo brilho do sol e a luz do luar
Feliz pelo ar que eu respiro sem ter que pagar

Feliz porque vi a verdade vencendo a mentira,
E a embira da felicidade amarrando a paixão

Feliz porque tenho saúde
Feliz porque tenho atitude

Por isso um sorriso no rosto
E uma palma na mão

Tô feliz, tô nem aí
Por mais que você não queira
Eu tô feliz, e daí?

Tô feliz, tô nem aí
Por mais que você não queira
O que eu quero é sorrir

(Flávio Leandro, o poeta cantador)

“A mente que se abre para uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original”
(Albert Einstein)

Aos meus queridos pais Antonio Valdir Gonçalves e Maria Cordeiro Duarte Gonçalves, por todo amor e carinho com que me educaram e me ensinaram a sempre lutar pela realização dos sonhos e a sempre respeitar o próximo.

Aos meus irmãos Rafael e Raquel por todo o apoio, incentivos e por estarem sempre ao meu lado.

DEDICO E OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pelas minhas completas capacidades físicas.

Aos meus pais pelo apoio e amor a mim dedicados.

A minha namorada Hilka Santos pela compreensão e amor a mim dedicados, o que muito me ajudou na realização deste trabalho.

A professora Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, pela orientação, disponibilidade e paciência em atender aos questionamentos e dúvidas durante a realização deste trabalho.

A professora Maria de Fatima Cavalcanti Barros pelo incentivo para que eu ingressasse no mestrado.

A FACEPE pelo auxílio financeiro com a bolsa de estudos, o que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de formação acadêmica.

Ao Sr Oliveira, agricultor proprietário do lote 23P do Perímetro Irrigado Cachoeira II por gentilmente permitir a coleta do solo utilizado neste estudo.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pela doação de parte das sementes de tomateiro que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Ao professor Valdomiro Severino de Souza Júnior pelo apoio e co-orientação durante a realização deste trabalho bem como o auxílio para realização de análises mineralógicas.

Ao professor Dimas Menezes, pela valiosa colaboração prestada neste trabalho.

Aos amigos Cláudio Evangelista, Márcio Sobral, Agenor Júnior, Clayton Albuquerque, Rodolfo Júnior, Alexandre Campelo, Daniela Batista, Raquel Berger, Jane Kelly e Fabiana, pela amizade, companheirismo e todos os momentos compartilhados.

A todos os professores do PPGCS-UFRPE pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos Renato, Monaliza, Sthefany, Carola, Allan, Simone, Jefferson, Levy e Felizarda Viana pela valiosa ajuda na realização de análises e condução do experimento.

Aos funcionários do PPGCS-UFRPE Socorro, Sr. Josué, Sr. Camilo, Zeca pela dedicação e apoio prestado.

Aos companheiros Guilherme, Márcio Fléquisson, Eduardo, Ernandes (Madruga), Patrícia Ribeiro, Marcelo, Edivan e a todos que fazem parte do grupo de Química do Solo, pelo apoio e companheirismo.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Importância da irrigação	14
2.2. Qualidade da água para irrigação.....	16
2.3. Salinização do solo	19
2.4. Efeito dos sais em plantas	22
2.5. Perímetro Irrigado Cachoeira II.....	24
2.6. Cultura do tomate	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Variáveis de crescimento vegetal	33
4.2. Teores de elementos na planta	39
4.3. Atributos químicos do solo.....	44
4.3.1. Variáveis no extrato da pasta saturada (solúveis).....	44
4.3.2. Variáveis de solo (trocáveis)	50
5. CONCLUSÕES	55
6. REFERÊNCIAS.....	56

GONÇALVES, ISRAEL VENISMARE CORDEIRO. Msc. pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, em março de 2010. Atributos químicos de Neossolo Flúvico do semiárido de Pernambuco cultivado com tomateiro irrigado com águas salinas. Orientadora: Dr^a Maria Betânia Galvão dos Santos Freire (UFRPE). Conselheiros: Dr^a. Hugo Alberto Ruiz (UFV) e Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior (UFRPE)

RESUMO

A demanda crescente por alimentos no mundo faz da irrigação uma técnica de fundamental importância, principalmente em regiões áridas e semiáridas, como grande parte do Nordeste brasileiro, onde o déficit hídrico ocorre na maior parte do ano. No entanto, o uso da irrigação sem um adequado manejo de solo-água-plantas-salinidade pode causar sérios problemas ambientais, sociais e econômicos. Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de três cultivares de tomateiro (IPA-7, Redenção e SM-16) e as alterações nos atributos químicos de um Neossolo Flúvico do Perímetro Irrigado Cachoeira II sob irrigação com águas de diferentes salinidades e relação de adsorção de sódio (RAS). O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, utilizando as três cultivares de tomateiro, irrigado com soluções preparadas para corresponderem a seis valores de condutividade elétrica (CE) e dois da relação de adsorção de sódio (RAS), combinados como tratamentos de salinidade. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial 3 x 6 x 2 (três cultivares de tomateiro, seis CE e duas RAS), com quatro repetições, totalizando 144 unidades experimentais. As variáveis estudadas foram matéria fresca das folhas (MFF), matéria seca das folhas (MSF), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), altura de planta (ALP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas das plantas (NF); teores dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ na parte aérea da planta; no solo: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ solúveis e trocáveis, pH, CE e RAS do extrato de saturação do solo e percentagem de saturação por sódio (PST). A irrigação com águas de diferentes salinidades provocou: alterações significativas nas variáveis MFF, MFC, MSC e ALP; aumento nos teores de cálcio e sódio na matéria seca de folhas de tomateiro, onde o cálcio foi o elemento encontrado em maior concentração; incremento do teor de sódio trocável, da PST, da RAS e da CE do extrato de saturação do solo, indicando evolução nos processos de salinização e sodificação; houve redução nas variáveis de crescimento em função do aumento da salinidade da solução de irrigação, contudo, a RAS das águas de irrigação não afetou significativamente as variáveis de crescimento do tomateiro. Verificou-se aumento no acúmulo de elementos na matéria seca das plantas com a elevação da salinidade das águas de irrigação. O cálcio foi o íon predominante na matéria seca, observando-se acréscimo de sódio com o aumento da salinidade e da RAS das águas utilizadas. As águas de salinidade crescente promoveram aumento nos teores de sódio trocável, da PST, da RAS e da CE do solo, indicando evolução nos processos de salinização e sodificação.

GONÇALVES, ISRAEL VENISMARE CORDEIRO. Msc. at Federal Country University of Pernambuco, in March 2010. Chemical attributes of the semiarid Fluvic Neossoil Pernambuco cultivated with tomato irrigated with saline water. Advisor: Dr. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire (FCUPE). Advisers: Dr. Hugo Alberto Ruiz and Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior.

ABSTRACT

The increasing demand for food in the world makes irrigation a technique of fundamental importance, especially in arid and semi-arid regions, like much of the Brazilian Northeast, where drought occurs in most of the year. However, the use of irrigation without proper management of soil-water-plant-salinity may cause serious environmental problems, social and economic. Given the above the aim of this study was to evaluate the development of three tomato cultivars (IPA-7, Redenção and SM-16) and changes in Fluvic Neossoil chemical properties of Cachoeira II Irrigated Perimeter soil irrigated with water of different salinity and sodium adsorption ratio (SAR). The work was conducted in a greenhouse, using the three tomato cultivars irrigated with solutions prepared to correspond to six values of electrical conductivity (EC) and two of sodium adsorption ratio (SAR), combined as salinity treatments. The experimental design was randomized blocks with disposition factorial 3 x 6 x 2 (three tomato cultivars, six EC and two SAR) with four replications, totaling 144 experimental units. The variables studied were fresh leaves (FLM) and leaf dry matter (LDM) stem fresh weight (SFW), dry stem (DSM), plant height (PHE), stem diameter (SD) and number of leaves (NF) content of the elements Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and Na^+ in shoots of the plant; Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and Na^+ and soluble, pH, EC and SAR of saturation extracts of soil and percentage of saturation by sodium (ESP) of soil. Irrigation with water of different salinities caused: significant changes in variables FLM, LDM, SFW and PHE, increased levels of calcium and sodium in dry tomato leaves, where calcium was the element found in greater concentration, increase in content exchangeable sodium, the PST, the SAR and EC of saturation extract of soil indicating changes in the processes of salinization and sodification; was no reduction in growth variables due to the increase in salinity of irrigation solution, however, the RAS water Irrigation did not affect significantly the growth parameters of tomato. It was found, increased the accumulation of elements in plant dry matter with increasing salinity of irrigation water. Calcium was the predominant ion in dry matter, observing an increase of sodium with increasing salinity and SAR waters used. The waters of increasing salinity caused an increase in content of exchangeable sodium, the ESP, the SAR and EC of the soil, indicating changes in the processes of salinization and sodification.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação vem ganhando cada vez mais importância com a crescente demanda por alimentos, principalmente em regiões áridas e semiáridas, a exemplo de parte do Nordeste brasileiro, onde se verifica déficit hídrico em grandes períodos do ano. Nestas regiões o bom desenvolvimento das culturas e a qualidade da produção, principalmente de culturas exigentes em água, são diretamente dependentes da utilização da técnica de irrigação (Viana et al., 2001).

Além de ser um fator que acarreta aumento nas quantidades de produtos agrícolas em geral, a irrigação pode ser considerada mais que uma técnica que garante a produção agrícola, pois também aumenta a produção de matérias primas para as indústrias, reduz o efeito das adversidades climáticas (secas), aumenta a geração de emprego e renda, diminuindo assim o êxodo para os grandes centros urbanos.

No entanto, para que proporcione resultados positivos, o manejo da irrigação deve ser bem realizado, com o uso de tecnologias apropriadas, controle da qualidade e quantidade de água aplicada, o que nem sempre ocorre.

A irrigação, mesmo constituindo fator de desenvolvimento no processo produtivo agrícola, tem provocado poluição e contaminação de parte dos solos, em regiões áridas e semiáridas, pela salinização e sodificação. Estes processos podem ocorrer naturalmente por várias causas, no entanto os problemas mais sérios têm sido provocados pelo homem, principalmente quando da utilização da irrigação sem um manejo adequado de solo-água-planta (Barros et al. 2005a).

A água de qualidade inferior utilizada na irrigação é o maior veículo causador de problemas relacionados à salinidade e, ou, sodicidade dos solos que, aliada ao manejo inadequado das áreas irrigadas, pode acelerar o processo notadamente, em condições de drenagem deficiente (Richards, 1954; Audry & Suassuna, 1990; Oliveira, 1997), e incorporar ao solo várias toneladas de sais por hectare ao ano (Macêdo, 1988).

Em perímetros irrigados, como os encontrados na região Nordeste do Brasil, a maior parte dos sais adicionados ao solo é transportada pela água de irrigação, seja pela qualidade da própria água, seja pela ineficiência dos sistemas de irrigação e drenagem ou, até mesmo, pela ausência deste último. Para Alencar et al. (2003), em regiões semiáridas este problema torna-se ainda mais grave uma vez que faz-se necessário o uso na irrigação de águas com significativos teores de sais.

O conteúdo de sais que são adicionados ao solo via irrigação é proporcional à quantidade da água aplicada, ou seja, a concentração de sais no solo cresce em função da lâmina de irrigação aplicada. O excesso de fertilização, o uso de água salina e a ausência de drenagem adequada são fatores que resultam em situações desfavoráveis, que podem contribuir para a degradação dos solos.

Os sais, em excesso, no solo e, ou, na água de irrigação, prejudicam o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo das plantas, pela ação dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos na solução do solo (Cavalcante, 2000; Freire et al., 2003a). Segundo Ayers & Westcot (1999), quanto maior o conteúdo de sais no solo, maior será o esforço que a planta terá para absorver a água; assim, ocorre a diminuição no uso consultivo da planta à medida que cresce a concentração de sais na região da zona radicular das culturas.

No semiárido pernambucano, com base nos dados fornecidos pelo DNOCS (1999) e por Fernandes (2008), pode-se verificar que os solos do município de Serra Talhada apresentam suscetibilidade aos processos de degradação pela salinização e/ou sodificação dos solos. Portanto, faz-se necessário um monitoramento de uso dessas águas, bem como a realização de estudos que direcionem as culturas que podem vir a ser implantadas, de forma a viabilizar o sistema de produção, tentando minimizar os prejuízos aos agricultores da região.

A cultura do tomateiro está entre as que são utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada. Segundo Ayers & Westcot (1999), é uma cultura classificada como moderadamente sensível à salinidade e existem sérias restrições ao uso de águas com condutividades elétricas elevadas na irrigação desta cultura, já apresentando queda em rendimento potencial de

25% quando se utiliza água com condutividade elétrica igual a $3.400 \mu\text{S cm}^{-1}$. Sendo assim, o uso de águas com altas salinidades pode vir a afetar o processo produtivo da cultura, causando sérios prejuízos aos agricultores, além de promover a salinização/sodificação dos solos, degradando-os e originando problemas ambientais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de três cultivares de tomateiro e as alterações nos atributos químicos de um Neossolo Flúvico do perímetro irrigado Cachoeira II sob irrigação com água de diferentes salinidades e relação de adsorção de sódio (RAS).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da irrigação

O homem para existir necessita, obrigatoriamente, de alimento que deve ser produzido ou extraído da natureza. A produção destes alimentos é uma atividade que efetivamente demanda muita quantidade de água. A fonte principal desta é a chuva e, por vezes, quando esta não fornece água suficiente, a irrigação tem a função de suprir parcial ou integralmente a necessidade de água das diferentes culturas agrícolas. Vieira (1989) classifica a irrigação como obrigatória quando as condições climáticas a determinam, e como suplementar quando, embora as chuvas forneçam água suficiente para as necessidades hídricas das plantas, sua distribuição irregular ao longo do ano afeta sensivelmente o seu metabolismo, causando queda da produtividade e da qualidade das safras.

A irrigação vem ganhando cada vez mais importância com a crescente demanda por alimentos, principalmente em regiões áridas e semiáridas, a exemplo de parte do Nordeste brasileiro, onde se verifica déficit hídrico por longos períodos do ano. Nestas regiões o bom desenvolvimento das culturas e a qualidade da produção, principalmente de culturas exigentes em água, são diretamente dependentes da utilização da técnica de irrigação (Viana et al., 2001).

Segundo Testezlaf et al. (2002), vários são os benefícios gerados quando se adota a técnica da irrigação no sistema produtivo, como minimizar o risco de redução das safras, com maior garantia de produção. A complementação da demanda hídrica da cultura pela irrigação, nos momentos corretos, proporciona o aproveitamento da água da chuva, resultando em uma produção efetiva.

De acordo com a FAO (2000), uma parcela de 1/6 da área mundial cultivada é irrigada, sendo responsável por 2/5 de produção de alimentos, evidenciando a importância da irrigação para o incremento da produtividade e sua participação na produção de alimentos. IBGE (2001) apresenta dados que comparam a produção média de sequeiro com a produção média quando se utiliza a irrigação para algumas culturas brasileiras. Através destes dados

constata-se que o fornecimento da água pela irrigação durante todo o ciclo da planta irá proporcionar aumento de produtividade, também se observam incrementos de produção de até 189% quando a cultura é irrigada.

A irrigação além de ser uma técnica que garante a produção agrícola, aumenta também o fornecimento de matérias primas para as indústrias, promovendo a geração de emprego e renda. Trata-se, portanto, de elemento fomentador socioeconômico regional. Existem casos conhecidos no Brasil onde o desenvolvimento está diretamente relacionado com o uso da irrigação, como em Guaíra (SP), Petrolina (PE), Juazeiro e Barreiras (BA), Chapada do Apodi (RN), Araguari e Janaúba (MG) (Khan et al., 2001).

Alguns estudos já foram desenvolvidos no país, comprovando o impacto positivo da irrigação na modernização agrícola e a sua contribuição efetiva no desenvolvimento regional. Segundo Bernardo et al. (2006), as regiões onde foi implantada a agricultura irrigada apresentaram mudanças socioeconômicas importantes, tais como: criação de empregos diretos; aumento da renda per capita; crescimento considerável da demanda de bens de consumo e serviços, com aumento de estabelecimentos comerciais e industriais e do emprego nestes setores; diminuição do êxodo rural e melhoria nas condições de saúde, educação, habitação e lazer dos irrigantes.

Com relação à geração de empregos, França (2001) estimou, para a região semiárida do Nordeste do Brasil, que um hectare irrigado gera de 0,8 a 1,2 empregos diretos e 1,0 a 1,2 indiretos de forma consistente e estável, contra 0,22 empregos diretos da agricultura de sequeiro. Christofidis (1997) estimou que a agricultura irrigada brasileira seja responsável por 1,4 milhões de empregos diretos e 2,8 milhões de empregos indiretos, implicando que cada hectare irrigado gera aproximadamente 1,5 empregos.

Estimativas mundiais de produção indicam que nos 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% do total cultivado, produz-se cerca de 40% da produção total. No Brasil, estimativas indicam valores de quase 3,2 milhões de hectares, correspondendo a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (Bernardo et al., 2006).

O chamado “polígono das secas”, com uma área de aproximadamente 1.500.000 km² ocupa quase 94% da área de todo o Nordeste brasileiro onde

está inserido, é caracterizado por insuficiência hídrica. Nessa região, a irrigação passa a assumir papel fundamental no desenvolvimento da agricultura e, com base no Programa Nacional de Irrigação (PRONI), há quase 6.000.000 ha de solos irrigáveis (ABID, 2001; Dantas et al., 2002).

No entanto, para que proporcione resultados positivos, o manejo da irrigação deve priorizar o uso de tecnologias apropriadas, controle da qualidade e quantidade de água aplicada, o que nem sempre ocorre. A agricultura irrigada quando não é feita adequadamente pode trazer sérios problemas ambientais, sociais e econômicos.

Diversos fatores associados à irrigação influem no perigo de degradação do solo como, por exemplo, a qualidade e a profundidade do lençol freático, as características físicas do solo, as práticas impróprias de irrigação e a presença ou ausência de sistemas de drenagem natural ou artificial (Paz et al., 2000). Ainda segundo estes autores, cerca de 10 milhões de hectares de área são abandonados anualmente no mundo por causa de problemas relacionados à irrigação mal conduzida, o que causa um grande impacto ambiental.

Os impactos ambientais negativos provocados pela irrigação podem atingir patamares alarmantes e culminar com o início do processo de desertificação. No entanto, é importante salientar que tal impacto não decorre necessariamente da irrigação enquanto tecnologia de manejo agrícola, mas sim de como ela é usada (Rodrigues & Irias, 2004).

2.2. Qualidade da água para irrigação

No uso da irrigação, a qualidade da água utilizada é um fator de grande relevância a ser considerado para que esta seja uma técnica bem executada e de forma sustentável. O conceito de qualidade aqui empregado refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para utilização agrícola. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas. Para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão

necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (Ayers & Westcot, 1999; Bernardo et al., 2006).

Os principais problemas de qualidade da água para irrigação são: salinidade – os sais solúveis do solo e da água reduzem a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que afetam o rendimento das culturas; infiltração de água – teores relativamente altos de sódio, ou baixos de cálcio no solo e na água, reduzem a velocidade com que a água de irrigação infiltra no perfil do solo; e toxicidade de íons específicos – certos íons (sódio, cloreto e boro) contidos no solo ou na água, acumulam-se nas plantas em concentrações suficientemente altas para causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis (Ayers & Westcot, 1999; Ribeiro et al., 2009).

A classificação de águas para irrigação proposta por Richards (1954), utilizada até hoje, define quatro faixas de condutividade elétrica (CE): de 100 a 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (C1), de 250 a 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (C2), de 750 a 2.250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (C3) e acima de 2.250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (C4); além de quatro faixas de relação de adsorção de sódio (RAS): de 2 a 10 (S1), de 10 a 18 (S2), de 18 a 26 (S3) e acima de 26 (S4). Indicando que o uso de águas de irrigação classificadas como C1, C2, C3 e C4 e S1, S2, S3 e S4 apresentam baixo, médio, alto e muito alto risco de salinização, e sodificação do solo, respectivamente.

A água de qualidade inferior utilizada na irrigação é o maior veículo causador de problemas relacionados à salinidade e, ou, sodicidade dos solos que, aliada ao manejo inadequado da irrigação em áreas irrigadas, pode acelerar o processo notadamente, em condições de drenagem deficiente (Richards, 1954; Audry & Suassuna, 1990; Oliveira, 1997; Barros et al. 2005b). De acordo com Macêdo & Menino (1998), a água pode conter de 100 kg (água boa) a 4.000 kg (água imprópria) de sal em cada 1.000 m^3 e é, em geral, aplicada à razão de 10.000 a 15.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Consequentemente, se não houver drenagem, cerca de 1,0 a 60,0 $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de sal poderão ser adicionadas às áreas irrigadas. Desta maneira, é de grande importância o controle criterioso da água usada na irrigação, principalmente quando de baixa condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS) elevada, o que pode favorecer a dispersão dos colóides do solo.

Estudos têm comprovado, em especial para o semiárido do Nordeste brasileiro, que as águas utilizadas na irrigação se apresentam, na maioria das vezes, com altas concentrações de sais que têm contribuído para acelerar os problemas relacionados à salinidade e sodicidade dos solos, reduzindo sobremaneira a produção agrícola nas áreas irrigadas (Costa et al., 1982; Leprun, 1983; Laraque, 1989; Audry & Suassuna, 1990; Medeiros, 1992).

A variação na composição química e qualidade das águas dependem da zona climática, fonte da água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação (Montenegro & Montenegro, 2004). Geralmente, as águas de zonas úmidas apresentam menores teores de sais que as de zonas áridas; enquanto as águas subterrâneas são mais salinas que as águas de rios e estas, próximas da foz, contém mais sais que as próximas à nascente (Gheyi, 2000). Audry & Suassuna (1995) investigaram 231 poços em aluviões, nos estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará, tendo observado variações na CE de 140 a 3.800 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Fernandes et al. (2009), estudando ao longo de um ano a qualidade físico-química das águas utilizadas para irrigação provenientes de três fontes diferentes no perímetro irrigado Cachoeira II no município de Serra Talhada sertão de Pernambuco, verificaram grande variação na qualidade destas águas no que se refere a salinidade. Os autores registram uma variação de condutividade elétrica das águas de 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ até 4.580 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e destacam que a classificação das águas considerando as três fontes estudadas variou de C2S1 (logo após o período de chuvas) a C4S3 (no pico do período de seca da região).

Em relação às culturas existem outros problemas relacionados à qualidade da água de irrigação que aparecem com frequência; são eles: crescimento vegetativo excessivo; o retardamento na maturação das plantas e sua tendência ao acamamento, provocados por altas concentrações de nitrogênio na água de irrigação; as manchas nas folhas e frutos provocados por depósitos de sais, devido à aplicação de água por aspersão contendo altos teores de bicarbonato, gesso ou ferro, frequentemente associadas às águas de pH elevado (Pessoa, 2009)

Mesmo em se tratando de água salina, estudos indicam que é possível obter benefícios conhecendo-se a função de resposta da cultura à salinidade

(Dinar et al., 1986; Ayers & Westcot, 1999; Pessoa, 2009). Para tanto, ao se determinar a viabilidade do uso de águas para irrigação, deve-se levar em consideração a composição química da mesma, a tolerância das culturas, as práticas de manejo de solo, água e culturas, as condições climatológicas, o método de irrigação e as condições de drenagem (Contreras & Elizondo, 1980; Montenegro & Montenegro, 2004).

2.3. Salinização do solo

O processo de salinização do solo pode ocorrer naturalmente por várias causas, destacando-se: invasão da água salgada que deposita seus sais nos terrenos atingidos (processo característico das regiões litorâneas e é o único que pode ocorrer em regiões úmidas); acumulação de sais provenientes de áreas circunvizinhas, por escoamento superficial nos horizontes superiores, pela presença de estratos impermeáveis a baixas profundidades; ascensão por capilaridade dos sais existentes no próprio terreno e acumulados em camadas superficiais ou subsuperficiais; acumulação de sais em áreas baixas, sopés de encosta ou zonas de surgente, em consequência da drenagem subsuperficial lateral das posições mais altas (Ribeiro et al., 2009).

Os minerais primários constituem-se na principal fonte de sais solúveis no solo. A intemperização química desses minerais é o processo responsável pela liberação dos íons para água (Tan, 1994). Em decorrência da baixa precipitação pluviométrica, da alta taxa de evaporação e da topografia, em regiões de clima árido e semiárido, os sais tendem a se acumular no solo em consequência da baixa lixiviação interna no perfil.

Do ponto de vista antrópico, há outros fatores, destacando-se os métodos de irrigação, o índice de salinidade dos fertilizantes e o transporte de sais aos solos através das irrigações (Freire, 1992; Melo, 2005). A salinização dos solos, quando de causa antrópica, não está relacionada apenas à qualidade da água de irrigação, depende também das características físico químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo a ele aplicadas. É comum o incremento da salinidade em áreas irrigadas, cujas técnicas de manejo não visam à aplicação suficiente de água e conservação da

capacidade produtiva dos solos, um eficiente sistema de drenagem e uso excessivo de fertilizantes (Silva Filho et al., 2000).

A irrigação, mesmo constituindo fator de desenvolvimento ao processo produtivo agrícola, tem provocado poluição e contaminação de parte dos solos, em regiões áridas e semiáridas, pela salinização e sodificação dos solos. Essa limitação se reflete na queda da produtividade das culturas e, às vezes, também na perda total da fertilidade das terras pelos elevados índices de sais solúveis e de sódio trocável (Richards, 1954; Pereira, 2000). Apesar dos avanços tecnológicos, milhões de hectares continuam sendo salinizados a cada ano, contribuindo severamente para a redução da produção agrícola mundial (Khan & Abdullah, 2003).

Nas condições de clima árido e semiárido, os eventos de precipitação são bem menores que a evapotranspiração, o que faz com que ocorra, naturalmente, uma maior concentração dos sais nas camadas mais superficiais. Assim, a intensificação e, ou, expansão da agricultura irrigada, se mal manejada, pode acelerar alguns efeitos adversos sobre o solo, sendo a salinização um desses efeitos. O homem pode contribuir significativamente com este processo, principalmente pelo uso de água salina na irrigação, bem como a elevação do lençol freático pelo excesso de água aplicada, associado a uma drenagem insuficiente em solos de baixa condutividade hidráulica (Montenegro & Montenegro, 2004).

Quando são usadas águas com excesso de sais, esta, ao ser evapotranspirada, passa para a atmosfera em forma de moléculas de água pura, deixando os sais depositados no solo. Sendo assim, a solução do solo nas áreas irrigadas apresenta, de forma geral, um nível de salinidade superior ao da água de irrigação, devido aos sais solúveis existentes no solo, principalmente na camada superior. Portanto, não é a concentração de sais da água em si mesma que, geralmente, causa problemas osmóticos às plantas, mas, o aumento desta concentração de sais na solução do solo (Ben-Hur et al., 1998).

O conteúdo de sais que são adicionados ao solo via irrigação é proporcional à quantidade da água aplicada, ou seja, a concentração de sais no solo cresce em função da lâmina de irrigação aplicada. O excesso de fertilização, o uso de água salina e a ausência de drenagem adequada são

fatores que resultam em situações desfavoráveis, que podem contribuir para a degradação dos solos.

Os cátions cálcio e magnésio predominam no complexo de troca e na solução do solo nos solos de regiões áridas e semiáridas não afetadas por sais de sódio. Entretanto, ao sofrerem os processos de salinização, pelo intemperismo ou pela irrigação, os carbonatos de cálcio e magnésio e o sulfato de cálcio são precipitados devido à baixa solubilidade. Este fenômeno resulta no aumento da proporção de sódio na solução do solo, que pode substituir o cálcio e o magnésio no complexo sortivo, refletindo-se, com o passar do tempo, na perda da capacidade produtiva das terras (Paliwal & Ghandhi, 1976; Jensen et al., 1990; Silveira, 1997; Santos, 2002; Silva, 2004). Quando a concentração de sais de sódio atinge valores muito altos, o sódio solúvel começa a ser adsorvido pelo complexo de troca, iniciando-se a primeira etapa do processo de sodificação, que leva à formação dos solos sódicos. Desta forma, apesar da menor seletividade, o Na^+ consegue deslocar os outros cátions por ação de massa (Ribeiro et al., 2003).

A predominância de sódio em relação aos demais cátions no complexo de troca pode promover a dispersão e migração dos colóides no perfil do solo, com obstrução de poros e redução da movimentação de ar e água, dificultando o crescimento dos vegetais (Freire et al., 2003a). A infiltração da água de chuva em solos salino-sódicos, por exemplo, poderá agravar os problemas intrínsecos desses solos, ao lixiviar os sais solúveis e provocar a dispersão, promovendo redução na condutividade hidráulica (McNeal & Coleman, 1966; Minhas & Sharma, 1986; Freire et al., 2003a). A contribuição do sódio trocável na dispersão de solos vai depender do tipo de mineral de argila dominante. Caulinitas e ilitas apresentam pouca expansão, enquanto que esmectitas e, em menor extensão, vermiculitas são marcadamente expansíveis. Entretanto, todos os minerais de argila apresentam dispersão. A dispersão desses minerais verifica-se em resposta a forças repulsivas que são, geralmente, atribuídas às duplas camadas difusas extensas associadas com a presença de sódio adsorvido (Churchman et al., 1995; Freire et al., 2003b).

Além dos fatores de degradação acima citados, o processo de salinização tem atingido extensas áreas em todo mundo, principalmente em perímetros irrigados. Em locais como África, sudeste da Ásia, Austrália e em

todo continente americano se soma a salinização o desmatamento e o uso intensivo do solo sob irrigação, o que contribui para a degradação dos solos (Pizarro, 1985; Niazi et al., 1992; Silva Júnior et al., 2002; Sadiq et al., 2003).

Segundo FAO (1998), na América Latina, mais de 3 milhões de quilômetros quadrados de terras agrícolas estão degradados e vastas superfícies de terras áridas correm riscos de desertificação. No Brasil, principalmente no Nordeste, cerca de 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos de irrigação estão com problemas de salinização (Bernardo, 1997). De acordo com Gheyi (2000), aproximadamente 25% das áreas irrigadas no semiárido brasileiro encontram-se salinizadas. Macêdo (1988) cita perímetros irrigados afetados por sais, com áreas em percentual correspondentes a: Custódia, PE, 97%; Ceraíma, BA, 32%; Cachoeira II, PE, 30%; São Gonçalo e Sumé, PB, respectivamente, 52 e 61%. Esses problemas decorridos após períodos sucessivos de irrigação refletem-se na perda da fertilidade, restrição ao movimento livre de ar, água, enraizamento e produtividade das culturas o que provoca graves transtornos de natureza socioeconômica e ambiental (Tertuliano et al., 1999; Leite, 2002; Leite et al. 2001; Cavalcante et al., 2002).

2.4. Efeito dos sais em plantas

Os sais em excesso no solo, na água de irrigação ou na solução nutritiva, prejudicam o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo das plantas, pela ação dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos na solução do solo (Cavalcante, 2000; Freire et al., 2003a). Segundo Ayers & Westcot (1999), quanto maior o conteúdo de sais no solo, maior será o esforço que a planta terá para absorver a água; assim, ocorre a diminuição no uso consultivo da planta à medida que cresce a concentração de sais na região da zona radicular das culturas.

As culturas comportam-se diferentemente quando em ambiente com problemas de salinidade/sodicidade. Algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver maior

quantidade de água mesmo em condições de salinidade (Ayers & Westcot, 1999; Oliveira, 2001).

O crescimento e desenvolvimento das plantas é sensivelmente prejudicado pelas altas concentrações de sais no solo, o que causa também desequilíbrio nutricional e acúmulo excessivo de Na^+ e outros íons tóxicos nos diferentes órgãos das plantas, sobretudo na parte aérea. Os sais em excesso na solução do solo ocasionam distúrbios na absorção de nutrientes, provocando modificações nas concentrações dos elementos N, P, Ca, K, Mg e Na nas plantas, o que se reflete em desbalanço nutricional e, conseqüentemente, alterações nos processos metabólicos vegetais, interferindo na produção (Viana et al., 2001; Javed, 2002).

De acordo com Santos (1995), as plantas sob estresse salino crescem lentamente, tornam-se raquíticas, com folhas de coloração verde-escuro em menor número e tamanho. A diminuição do conteúdo de água no tecido vegetal é o primeiro evento fisiológico decorrente do estresse salino na planta. Isto resulta na contração e afrouxamento das paredes celulares, causado pelo estresse osmótico associado ao estresse hídrico. O decréscimo do volume celular resulta em menor pressão de turgidez e subsequente concentração de solutos nas células. Como a redução da turgidez é o efeito biofísico mais precoce do estresse hídrico, as atividades dependentes da turgidez como a expansão foliar, alongamento de raízes e taxa de crescimento da planta são as mais prejudicadas pelo déficit hídrico (Taiz & Zeiger, 2004).

Se por um lado a salinidade afeta as plantas por estresse salino devido ao estresse osmótico, toxidez por acúmulo de íons específicos e por desordens nutricionais (Shannon, 1997; Chusman, 2001); por outro lado a sodicidade relaciona-se mais à ação do sódio no solo, prejudicando a estrutura, a infiltrabilidade de água, condutividade hidráulica, drenagem e aeração, pelo aumento na concentração de sódio trocável, carbonato e bicarbonato. Este problema torna mais difícil o manejo, porque altera as propriedades físicas do solo, proporcionando a formação de camadas de impedimento que oferecem resistência ao movimento livre de ar e água, ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Anjos, 1993; Cavalcante, 2000).

2.5. Perímetro Irrigado Cachoeira II

O Perímetro Irrigado Cachoeira II, localizado no município de Serra Talhada (PE), foi implantado pelo DNOCS em 1971 e entrou em operação em 1972, sendo para tal desapropriada uma área referente a 378,14 ha. A área utilizada com irrigação, no entanto, é de 230 ha, abastecida pelo açude público Cachoeira II, que foi concluído em 1965 e tem capacidade para armazenar 21.031.145 m³. O clima da região é semiárido, com temperatura média anual de 25,2°C e precipitação pluviométrica anual média de aproximadamente 890 mm (ITEP, 2010). Localiza-se na latitude 07°59'31" Sul e longitude 38°17'54" Oeste, estando a uma altitude de 429 metros. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BShw (BSh = clima seco de estepes de baixas latitudes; w = com chuvas de verão retardadas para o outono) (DNOCS, 1999).

Devido ao crescimento da cidade de Serra Talhada e à constante demanda hídrica para abastecimento e consumo humano, aliado à baixa precipitação pluvial e às secas ocorridas na região, o perímetro encontra-se atualmente com dificuldade ao suprimento hídrico (DNOCS, 1999; DNOCS, 2004). Com este processo de desestabilização do abastecimento, os irrigantes passaram a utilizar águas do Riacho Cachoeira, Rio Pajeú e de poços amazonas perfurados no leito do rio e do riacho. A qualidade das águas dos poços é influenciada pela profundidade dos mesmos e pelos minerais do material de origem do solo, havendo uma grande variação da salinidade e sodicidade destas (Fernandes, 2008).

A constatação da contaminação das águas do Rio Pajeú, com efluentes líquidos do abatedouro público e do esgotamento sanitário da cidade de Serra Talhada, fez o DNOCS proibir a utilização dessas águas, agravando o processo de irrigação nas áreas. Com isso, os agricultores se sentiram forçados a utilizar as águas de poços, com qualidade inferior para a irrigação. Aliado a utilização dessas águas, o sistema de irrigação utilizado, que é predominantemente por sulcos, o que pode acelerar o processo de salinização das áreas de cultivo. Para minimizar este problema, verifica-se o uso de aspersão e microaspersão, porém em menor escala (Fernandes, 2008). Este autor também verificou altos teores de sódio e cloreto independente do nível de

salinidade, da época de amostragem e da fonte original da água, quando avaliou o tipo e o teor de sal em poços, rios e riachos do município de Serra Talhada ao longo do ano. Neste estudo constatou-se também maiores valores de CE, cátions e ânions nas águas de poços, com incrementos na época seca do ano, com predominância de águas cloretadas sódicas. Sobre os solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II, em Serra Talhada, o autor verificou valores de pH variando de 6,5 a 9,6 na camada superficial, havendo um aumento desse parâmetro nas camadas mais profundas, com valores mais elevados de sódio trocável e percentagem de sódio trocável na época seca do ano e em profundidade, indicando a sodificação dos solos.

Atualmente, no Perímetro Irrigado Cachoeira II encontram-se áreas em diferentes estágios de degradação pela salinidade e, ou, sodicidade dos solos, muitas abandonadas pela impossibilidade de obtenção de produtividades adequadas aos principais produtos agrícolas da região. Apesar da proximidade da cidade de Serra Talhada e da malha rodoviária, que facilitariam o transporte da produção para os grandes centros do Estado de Pernambuco, a maioria dos lotes encontra-se subutilizada e em fase de abandono (Fernandes, 2008).

As poucas áreas ainda em produção no Perímetro Irrigado Cachoeira II têm como principais culturas cultivadas irrigadas frutíferas e olerícolas, por apresentarem melhor retorno econômico. Dentre as olerícolas, encontram-se tomate, pimentão, cebola e coentro.

2.6. Cultura do tomate

O tomate (*Lycopersicum esculentum*) tem como centro primário de origem um estreito território, limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo norte do Chile, a oeste pelo oceano Pacífico e a leste pela Cordilheira dos Andes. Daí foi levado para o México – centro secundário – onde foi cultivado e melhorado. Entre 1523 e 1554 foi introduzido na Europa através da Espanha onde inicialmente foi considerado como planta ornamental, tendo seu uso culinário retardado.

No Brasil foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX, e considerando os aspectos socioeconômicos, é a hortaliça mais importante do Brasil (Filgueira, 2007). Com uma produção média anual de 3,35 milhões de

toneladas e uma área colhida de 56.135 ha, na safra 2007, o tomateiro é cultivado em todos os estados da federação, sendo 15,2% do total de produção provenientes do Nordeste (Levantamento Sistemático de Produção Agrícola – IBGE, 2008).

O tomateiro é uma solanácea herbácea, com caule flexível incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical. É considerada uma cultura de ciclo anual, com um período que varia de quatro a sete meses da sementeira até a produção de novas sementes. A floração e a frutificação ocorrem juntamente com o crescimento vegetativo. Apresenta dois tipos de hábito de crescimento: o indeterminado, que ocorre na maioria das cultivares para produção de frutos para mesa; e o determinado, que é encontrado nas cultivares criadas para a cultura rasteira, com finalidade agroindustrial (Filgueira, 2007).

Por ser originário da costa oeste da América do Sul, onde as temperaturas são moderadas (médias de 15°C a 19°C) e as precipitações pluviométricas não são muito intensas, tem preferência por estas condições, entretanto, floresce e frutifica em condições climáticas bastante variáveis. A planta pode desenvolver-se em climas do tipo tropical de altitude, subtropical e temperado, o que permite seu cultivo em diversas regiões do mundo.

A cultura do tomate é adaptável a diferentes classes texturais do solo, apresentando melhor desenvolvimento e produção em solos de textura média. Devido a sua alta capacidade produtiva é bastante exigente quanto à fertilidade do solo e apresenta resistência moderada a acidez produzindo na faixa de pH 5,5 – 6,5 (Filgueira, 2007). Segundo Ayers & Westcot (1999), é uma cultura moderadamente sensível à salinidade e existem sérias restrições ao uso de águas com condutividades elétricas mais elevadas na irrigação desta cultura, já apresentando queda em rendimento potencial de 25% quando se utiliza água com CE igual a 3.400 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

No município de Serra Talhada é bastante cultivada e tem uma relativa importância na região, sendo as principais cultivares utilizadas: IPA-7, Redenção e SM-16 (*), sendo as duas primeiras de crescimento determinado e

* Comunicação pessoal com a Dr^a. Maria Cristina Lemos da Silva, pesquisadora em hortaliças e produção orgânica do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Av. Gal. San Martin, 1371, Bongi, Recife, PE.

a produção destinada ao processamento industrial e a última com aptidão mista, ou seja, pode ser produzida tanto para o processamento industrial quanto para tomates de mesa.

O crescimento das áreas degradadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, está comprometendo a sustentabilidade da produção de tomate, reduzindo a capacidade de sustento da população e causando problemas sociais para o município e o Estado. É preciso desenvolver tecnologias apropriadas para os solos, clima e culturas da região para conter a salinização e sodificação dos solos e, com isso, possibilitar a re-inserção dos agricultores no processo produtivo local, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico da população.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma amostra de solo coletada no Perímetro Irrigado Cachoeira II, município de Serra Talhada, Sertão de Pernambuco, caracterizado como Neossolo Flúvico de textura arenosa, predominante nos lotes do Perímetro, sem problemas de salinidade e, ou, sodicidade. A amostra de solo foi coletada na camada superficial até 30 cm de profundidade, seca ao ar e peneirada em malha de 4 mm para a montagem do experimento. Uma subamostra foi retirada, destorroada e peneirada em malha de 2 mm para a realização das análises de caracterização física e química.

Na caracterização física do solo (Tabela 1) foram determinadas: a granulometria e argila dispersa em água pelo método da pipeta após agitação lenta (16 horas), empregando-se o hidróxido de sódio como dispersante químico (Ruiz, 2005); calculando-se o grau de flocculação e o grau de dispersão; a densidade do solo, pelo método da proveta; a densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico; a porosidade total, calculada com os dados de densidade do solo e das partículas (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1. Caracterização física da amostra de Neossolo Flúvico utilizado no experimento (0-30 cm)

Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	ADA ¹	GD ²	GF ³	Ds ⁴	Dp ⁵	P _T ⁶
g kg ⁻¹		g kg ⁻¹			%		g cm ⁻³		%
39,85	834,25	77,00	48,90	27,90	57,06	42,94	1,47	2,66	44,74

1 – Argila dispersa em água, 2 – Grau de dispersão, 3 – Grau de flocculação, 4 – Densidade do solo, 5 – Densidade de partícula, 6 – Porosidade total

Na caracterização química do solo, foram determinados: pH em água (1:2,5); cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺) a pH 7,0 por extração com acetato de amônio (Richards, 1954), sendo Na⁺ e K⁺ dosados por fotometria de chama; Ca²⁺ e Mg²⁺ dosados em ICP-OES; capacidade de troca de cátions (CTC) através do método do acetato de sódio/acetato de amônio, calculando-se a percentagem de sódio trocável (PST) do solo pela equação (Richards, 1954):

$$PST = \left(\frac{Na^+}{CTC} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. I})$$

Foi preparada a pasta de saturação do solo e no extrato obtido foram realizadas as medidas de pH e CE, bem como as determinações dos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ solúveis; Na^+ e K^+ dosados por fotometria de chama; Ca^{2+} e Mg^{2+} dosados em ICP-OES; calculando-se a relação de adsorção de sódio (RAS) através da equação:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (\text{Eq. II})$$

As análises acima citadas foram realizadas também de acordo com Richards (1954). A caracterização química do solo encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da amostra de Neossolo Flúvico utilizado

Atributo	Valores	Atributo	Valores
Complexo sortivo		Extrato da pasta saturada	
pH água (1:2,5)	7,54	pH	7,26
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	4,98	CE^3 (dS m^{-1})	0,79
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,51	Ca^{2+} ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	0,50
K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,25	Mg^{2+} ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	0,61
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,08	K^+ ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	4,92
CTC^1 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	8,61	Na^+ ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	1,96
PST^2 (%)	0,93	RAS^4	2,63

¹ Capacidade de troca de cátions, ² Percentagem de sódio trocável, ³ Condutividade elétrica,

⁴ Relação de adsorção de sódio.

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, sendo o solo cultivado com três cultivares de tomateiro, irrigado com águas preparadas para corresponderem a seis valores de condutividade elétrica (CE) e dois de relação de adsorção de sódio (RAS), combinados como tratamentos de salinidade. Assim, o experimento consistiu de um arranjo fatorial 3 x 6 x 2 (três cultivares de tomateiro, seis valores de CE e dois de RAS), com quatro repetições, contabilizando 144 unidades experimentais. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com uma repetição por bloco.

As águas de irrigação com diferentes salinidades foram preparadas em laboratório a fim de representar a salinidade média da água encontrada nas fontes hídricas usadas no perímetro, com CE de 200, 500, 1.000, 2.000, 3.200 e 5.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e RAS de 2 e 20, totalizando 12 águas sintéticas. A classificação dessas águas de irrigação é apresentada na Tabela 3, e abrange desde a C1S1 até a C4S3, conforme a classificação sugerida por Richards (1954).

Tabela 3. Águas de irrigação usadas no experimento, de acordo com a classificação de águas para irrigação proposta por Richards (1954).

Água de irrigação	CE ¹ ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	RAS ²	Classificação	Risco de salinização	Risco de sodificação
1	200	2	C1S1	Baixo	Baixo
2	500	2	C2S1	Médio	Baixo
3	1.000	2	C3S1	Alto	Baixo
4	2.000	2	C3S1	Alto	Baixo
5	3.200	2	C4S1	Muito alto	Baixo
6	5.000	2	C4S1	Muito alto	Baixo
7	200	20	C1S3	Baixo	Alto
8	500	20	C2S3	Médio	Alto
9	1.000	20	C3S3	Alto	Alto
10	2.000	20	C3S3	Alto	Alto
11	3.200	20	C4S3	Muito alto	Alto
12	5.000	20	C4S3	Muito alto	Alto

¹ Condutividade elétrica, ² Relação de adsorção de sódio.

As águas de irrigação foram elaboradas a partir dos sais NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pois, segundo Fernandes (2008), os íons predominantes nas águas usadas para a irrigação da região em estudo, são o sódio e cloreto.

O experimento foi montado em vasos de polietileno com capacidade de 8 dm^3 , perfurados na base para instalação de um sistema de drenagem, composto por uma mangueira acoplada ao furo no fundo do vaso e sobre este, para evitar perdas de solo, uma espuma de aproximadamente 4x4 cm e uma tela de nylon de malha bastante fina cobrindo toda a base do vaso.

As amostras de solo foram homogeneizadas e acondicionadas nos vasos, com uma massa de aproximadamente 10 kg (7,0 dm³) por vaso, sendo saturadas com as respectivas águas salinas. Durante o desenvolvimento inicial do tomateiro foi realizada aplicação de solução nutritiva de macro e micronutrientes (Hoagland & Arnon, 1950) a cada três dias. A aplicação das soluções de irrigação teve início quinze dias após o transplante.

A irrigação foi realizada a cada cinco dias no início do experimento. Este intervalo foi diminuído à medida que as plantas cresciam até o intervalo de um dia no final do experimento. A quantidade de solução a ser utilizada em cada irrigação foi definida a partir da aplicação lenta e sucessiva de pequenas quantidades da respectiva solução, medidas em provetas, em cinco unidades selecionadas aleatoriamente em cada bloco até iniciar a drenagem. Momento no qual a colocação da solução foi interrompida e o volume total utilizado quantificado. Com os volumes utilizados para iniciar a drenagem nas cinco unidades de cada bloco fez-se uma média e o resultado obtido foi utilizado para irrigar as demais unidades do bloco. Naquelas unidades onde este volume não foi suficiente para promover o início da lixiviação foi acrescentado pequenas quantidades da solução até que a drenagem iniciasse.

As cultivares de tomateiro utilizadas foram IPA-7, Redenção e SM-16, as quais são comumente utilizadas no perímetro irrigado Cachoeira II. As mudas foram preparadas em bandejas de isopor utilizando substrato comercial, sendo o transplante para os vasos realizado quinze dias após a germinação.

O experimento foi conduzido por 65 dias. Ao final do experimento foram medidos o diâmetro do caule, número de folhas e altura das plantas, utilizando paquímetro e trena, ambos com precisão de 0,01 unidades. As plantas foram coletadas separando-se folhas e caule, que foram pesadas, em balança com precisão de 0,01 g, para obtenção da matéria seca e acondicionadas em sacos de papel, colocadas em estufa a 65°C com circulação forçada, até peso constante. Em seguida, o material foi moído e submetido à extração nitroperclórica para determinação dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ (Malavolta et al., 1989).

Ao término do experimento também foi coletada uma amostra de solo de cada unidade experimental, sendo secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm de abertura. Determinou-se Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ trocáveis

e calculou-se a percentagem de sódio trocável (PST) utilizando a equação I. Foram preparadas as pastas de saturação do solo e no extrato da pasta foi medido o pH e a condutividade elétrica (CE) e determinados os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ solúveis, calculando-se a relação de adsorção de sódio (RAS) pela equação II (Richards, 1954).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância em função dos fatores estudados (cultivares, CE e RAS) e suas interações. Quando estes foram significativos, aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade para a variável qualitativa (cultivares) e para a RAS, sendo ajustados modelos de regressão para o efeito da CE sobre as variáveis analisadas. Toda a análise estatística foi realizada utilizando o software SAEG 9.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis de crescimento vegetal

Os dados de crescimento das plantas quando comparados em função da cultivar e da relação de adsorção de sódio estão na Tabela 4. De maneira geral as variáveis de crescimento foram influenciadas significativamente pela cultivar e pela RAS das águas de irrigação utilizadas. As diferenças encontradas na comparação das cultivares são devidas, provavelmente, às características intrínsecas das mesmas, no entanto, quando a comparação dos dados é feita em função da RAS, pode-se afirmar que as alterações observadas são devidas ao aumento da concentração de sódio na água de irrigação. Gawad et al. (2005), em estudo com manejo da irrigação utilizando água salina em uma produção sustentável de tomate também verificaram diferença significativa entre cultivares de tomateiro.

Tabela 4. Produção média de matéria fresca das folhas (MFF), matéria seca das folhas (MSF), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), altura de planta (ALP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF) em função da cultivar e relação de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação

Variável	MFF	MSF	MFC	MSC	ALP	DC	NF
Cultivar	g planta ⁻¹				cm	mm	
IPA-7	60,91 A	9,80 A	44,41 A	9,42 A	87,19 B	9,14 A	18,91 A
Redenção	53,49 B	8,90 B	44,71 A	9,71 A	101,05 A	9,04 A	16,24 B
SM-16	52,34 B	8,64 B	36,27 B	8,26 B	84,54 B	9,05 A	13,31 C
RAS							
2	53,57 B	9,20 A	41,58 A	9,08 A	90,11 A	8,94 B	15,90 A
20	57,59 A	9,03 A	42,02 A	9,17 A	91,74 A	9,21 A	16,14 A
CV (%)	19,62	17,12	14,21	15,56	10,08	8,96	14,90

Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro da mesma variável não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A cultivar de tomateiro IPA-7 foi significativamente superior às demais em relação às variáveis matéria fresca da folha, matéria seca das folhas e número de folhas. Apenas a altura de planta desta cultivar foi inferior à

Redenção, enquanto para demais variáveis teve comportamento semelhante à pelo menos uma das duas outras cultivares (Tabela 4). As cultivares Redenção e SM-16 apresentam comportamento semelhante para as variáveis matéria fresca da folha, matéria seca das folhas e diâmetro do caule, sendo a Redenção superior em matéria fresca da folha, matéria seca das folhas, altura de planta e número de folhas, contudo, isso pode ser característica da cultivar. Os menores valores dos dados de crescimento foram observados para a cultivar SM-16, principalmente para o número de folhas.

Não houve diferença estatística para a maioria das variáveis quando comparadas em função da RAS da água de irrigação, com exceção da matéria fresca da folhas e diâmetro de caule que foram maiores para a RAS igual a 20 (Tabela 4). Pode se afirmar que o aumento da matéria fresca da folhas é resultado de uma maior absorção de água pelas plantas, já que este aumento não foi verificado para a matéria seca das folhas. Isso pode decorrer de um maior estresse nas plantas promovido pela elevação dos teores de sódio no ambiente radicular, o que provocaria um aumento no processo de absorção de água das plantas devido a mecanismos de defesa das mesmas, sem que isto se refletisse na aceleração do metabolismo das mesmas. Siqueira et al. (2005), verificaram que o aumento da concentração de sódio na água de irrigação não promoveu alterações significativas em variáveis de crescimento de plantas de algodoeiro.

A salinidade das águas de irrigação, medida pela CE, ocasionou alterações nos valores de matéria fresca das folhas e do caule, com o aumento da CE da água de irrigação utilizada (Figura 1A e 1B). Houve acréscimo na produção de matéria fresca das folhas com o aumento da salinidade da água. Comportamento que foi semelhante para as três cultivares de tomateiro estudadas, até o nível de CE igual $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$.

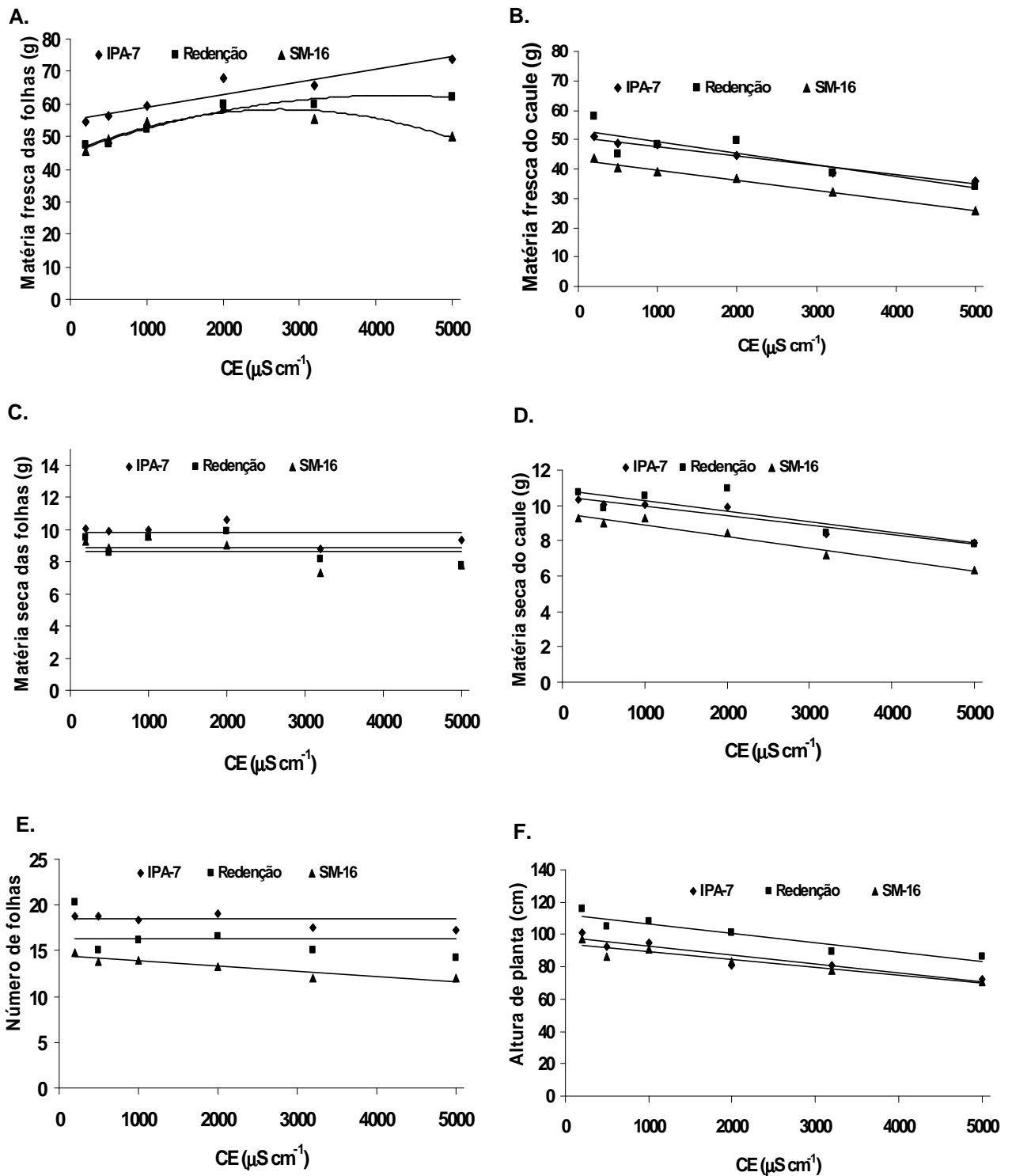


Figura 1. Produção de matéria fresca da folhas (A) e caule (B), matéria seca das folhas (C) e caule (D), número de folhas (E) e altura de planta (F) em plantas de tomateiro de três cultivares em função da CE da água de irrigação.

Tabela 5. Equações de regressão e coeficientes de determinação para as variáveis de crescimento analisadas de três cultivares de tomateiro, irrigadas com águas de diferentes salinidades

Cultivares	Matéria fresca de folhas	R²
IPA-7	$\hat{Y} = 55,2667 + 0,003860^{**} X$	0,8918
Redenção	$\hat{Y} = 45,1201 + 0,008328^{**} X - 0,0000009914^{*} X^2$	0,9608
SM-16	$\hat{Y} = 45,0308 + 0,009654^{**} X - 0,000001752^{**} X^2$	0,8912
Matéria fresca de caule		
IPA-7	$\hat{Y} = 50,7837 - 0,003211^{***} X$	0,9637
Redenção	$\hat{Y} = 53,4007 - 0,003960^{*} X$	0,7412
SM-16	$\hat{Y} = 43,0997 - 0,003442^{***} X$	0,9853
Matéria seca de folhas		
IPA-7	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
Redenção	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
SM-16	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
Matéria seca de caule		
IPA-7	$\hat{Y} = 10,4733 - 0,0005285^{**} X$	0,9020
Redenção	$\hat{Y} = 10,8967 - 0,00060002^{*} X$	0,7099
SM-16	$\hat{Y} = 9,5530 - 0,0006536^{***} X$	0,9553
Número de folhas		
IPA-7	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
Redenção	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
SM-16	$\hat{Y} = 14,4256 - 0,0005650^{**} X$	0,8638
Altura das plantas		
IPA-7	$\hat{Y} = 97,9909 - 0,005445^{**} X$	0,8767
Redenção	$\hat{Y} = 112,608 - 0,005829^{**} X$	0,8831
SM-16	$\hat{Y} = 94,1204 - 0,004832^{**} X$	0,8883

*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

A cultivar IPA-7 apresentou os maiores valores para matéria fresca das folhas (Figura 1A) em relação às cultivares Redenção e SM-16. Verifica-se também incremento da matéria fresca das folhas para todos os níveis de CE da água de irrigação utilizados, o que demonstra que mesmo utilizando água de irrigação com elevada salinidade (CE = 5.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) esta não provocou efeito negativo sobre a absorção de água por esta cultivar. Isto, possivelmente, é um indicador de que a cultivar IPA-7 apresenta melhores mecanismos de tolerância a níveis osmóticos mais estressantes quando comparada às outras

cultivares estudadas. Para a Redenção observa-se um crescimento na quantidade de matéria fresca das folhas até a CE de $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, e a partir deste nível apresenta uma tendência a permanecer constante mesmo com o aumento dos níveis de salinidade, ou seja, mesmo utilizando água com CE de 3.200 e $5.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ o incremento na produção de matéria fresca das folhas foi praticamente imperceptível. Já para a cultivar SM-16 verifica-se comportamento inverso, quando foram aplicadas as águas com salinidade superior a $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, ocorreu um decréscimo. Em termos absolutos os valores de matéria fresca das folhas desta cultivar são semelhantes aos observados para a cultivar Redenção até a CE de $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$. Este resultado, possivelmente, é devido a sua menor capacidade de tolerar o aumento da salinidade da água. O maior nível de salinidade da água (CE= $5.000 \mu\text{S cm}^{-1}$) mostra bem as diferenças das três cultivares em relação à produção de matéria fresca das folhas.

Os resultados para matéria fresca do caule (Figura 1B) indicam que as três cultivares têm comportamentos semelhantes, decrescendo linearmente com o aumento da salinidade da água. Isto é bem nítido a partir da utilização do nível de CE de $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$. Os menores valores desta variável são registrados para a cultivar SM-16.

A matéria seca das folhas (Figura 1C e Tabela 6) apresentou tendências pouco diferenciadas entre as cultivares, independentemente dos tratamentos de salinidade utilizados, onde não se verifica ajuste de modelos matemáticos para esta variável. No entanto, é possível destacar que o aumento da salinidade da água provocou pequenas reduções nos valores para todas as cultivares. Para a matéria seca do caule foi verificado comportamento decrescente com o aumento da salinidade da água de irrigação em todas as cultivares. Na utilização de água com elevadas concentrações de sais, é comum observar redução na produção de biomassa seca das diferentes culturas, no entanto isto não foi constatado para matéria seca das folhas do tomateiro neste estudo. Dantas et al. (2002), Costa et al. (2003) e Cavalcanti (2005), em estudos com feijoeiro caupi e Correia et al. (2005) estudando a cultura do amendoim, verificaram redução da biomassa seca com o aumento da condutividade elétrica.

Tabela 6. Valores médios de matéria fresca das folhas (MFF), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), altura de planta (ALP) e número de folhas (NF) de três cultivares de tomateiro irrigadas com águas de diferentes salinidades

Cultivar	CE	MFF	MFC	MSF	MSC	NF	ALP
	$\mu\text{S cm}^{-1}$	g planta ⁻¹					cm
IPA-7	200	54,31	50,86	10,09	10,31	18,75	101,01
	500	56,31	48,68	9,92	10,02	18,83	92,32
	1000	59,45	48,15	10,00	10,04	18,33	95,20
	2000	67,77	44,40	10,62	9,93	20,37	81,20
	3200	65,76	38,49	8,77	8,34	17,50	80,92
	5000	73,94	35,91	9,38	7,91	17,25	72,50
Redenção	200	47,30	57,77	9,48	10,75	20,25	116,25
	500	48,00	45,03	8,57	9,82	15,12	104,83
	1000	52,13	48,17	9,54	10,54	16,17	108,35
	2000	59,89	49,81	9,93	10,92	16,54	101,10
	3200	59,99	38,55	8,13	8,41	15,12	89,55
	5000	62,33	33,95	7,74	7,80	14,25	86,20
SM-16	200	45,73	43,47	9,27	9,29	14,75	97,54
	500	49,15	40,44	8,90	9,02	13,83	86,68
	1000	54,60	38,93	9,57	9,28	14,00	90,86
	2000	58,81	36,88	9,02	8,44	13,25	83,34
	3200	55,58	32,12	7,34	7,16	12,00	77,89
	5000	50,18	25,80	7,76	6,35	12,00	70,91

Analisando separadamente cada cultivar, se observa que as cultivares IPA-7 e Redenção não foram significativamente influenciadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação, não sendo possível o ajuste de modelos matemáticos para estas cultivares com os dados obtidos para número de folhas (Figura 1E). Para a cultivar SM-16 foi constatado que o incremento da salinidade da água de irrigação promoveu redução na produção de folhas e o ajuste do modelo linear foi possível para esta cultivar. Quando se compara as cultivares entre si nota-se que a diferença entre elas é expressiva, isto evidencia que estas cultivares podem apresentar tolerâncias diferentes à

salinidade e dá informações que indicam maior tolerância da cultivar IPA-7. Os menores valores para número de folhas foram observados para a SM-16. Estes dados estão diferentes, se consideradas as cultivares IPA-7 e Redenção, e concordantes, se considerarmos a cultivar SM-16, aos obtidos Correia et al. (2005), para a cultura do amendoineiro, que relatou decréscimo no número de folhas daquela cultura com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Os dados obtidos para altura de planta (Figura 1F e Tabela 6) indicam efeito negativo da aplicação da água com níveis crescentes de salinidade, verificando-se que para o nível de maior salinidade ocorreu uma redução média de 27,12%, quando comparado ao valor obtido pela aplicação da água de menor salinidade. Esta redução na altura de planta reflete o comportamento sensível da cultura do tomateiro quando em ambiente salino. Dados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2007) estudando as características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais na água de irrigação. Correia et al. (2005) também verificaram redução na altura das plantas do amendoineiro irrigado com águas salinas.

4.2. Teores de elementos na planta

As cultivares apresentaram teores similares dos elementos cálcio, magnésio e sódio nas folhas das plantas de tomateiro, a exceção foi o híbrido SM-16, que apresentou menor teor de potássio. Esta diferença, possivelmente, decorre das características de absorção e transporte dos elementos da cultivar (Tabela 5). No geral, estes elementos encontram-se na seguinte ordem de concentração: cálcio > potássio > sódio > magnésio, o que pode indicar problemas nutricionais, considerando-se que o magnésio é nutriente e o sódio não.

Tabela 7. Teores médios de cálcio, magnésio, potássio e sódio nas folhas e caule das plantas em função da cultivar e da relação de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação

Variável	Teor			
	Cálcio	Magnésio	Potássio	Sódio
————— dag kg ⁻¹ de matéria seca —————				
Cultivar	Folhas			
IPA-7	0,369 A	0,060 A	0,204 A	0,081 A
Redenção	0,364 A	0,076 A	0,202 A	0,066 A
SM-16	0,391 A	0,067 A	0,155 B	0,081 A
RAS				
2	0,437 A	0,071 A	0,201 A	0,038 B
20	0,313 B	0,065 A	0,173 B	0,114 A
CV (%)	28,57	70,33	22,38	45,32
Cultivar	Caule			
IPA-7	0,114 A	0,030 A	0,167 A	0,058 A
Redenção	0,112 A	0,026 B	0,158 AB	0,057 A
SM-16	0,105 A	0,023 C	0,144 B	0,060 A
RAS				
2	0,126 A	0,026 A	0,173 A	0,038 B
20	0,094 B	0,027 A	0,140 B	0,079 A
CV (%)	23,24	18,54	18,80	41,26

Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de Cultivar e RAS para cada parte da planta não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se examinam os valores comparados pela RAS da água de irrigação observa-se que houve diferenças significativas entre a menor e a maior RAS (Tabela 5), tanto para as folhas quanto para os caules. Os teores dos elementos cálcio e potássio são bastante reduzidos quando a RAS da água de irrigação aumenta. É importante observar que o teor de magnésio nas folhas das plantas (0,065 dag kg⁻¹), que é um elemento essencial, com aplicação da água de RAS igual a 20 foi bastante inferior ao do sódio (0,114 dag kg⁻¹), que não é essencial ao desenvolvimento das plantas. Isso comprova que a maior concentração de sódio na solução do solo, provocada pela água de maior sodicidade dada pela RAS, tem causado um desequilíbrio nutricional, provocando o aumento da absorção de sódio ao mesmo tempo em que diminui

a absorção dos nutrientes. Ferreira et al. (2001), relatam o desequilíbrio nutricional provocado pelo incremento da salinidade, reduções nos teores de K, Ca e Mg e aumento nos teores de sódio na matéria seca das raízes, caule e folhas de goiabeiras, sendo tal constatação mais evidente nas folhas. Nesse estudo os dados estão concordantes com os obtidos por Bezerra Neto (1985), que verificou redução no teor de nutrientes na parte aérea das plantas quando estudou quatro cultivares de tomate submetidas a níveis crescentes de NaCl na solução nutritiva.

Em relação ao sódio, pode ser observado na Tabela 5 que este elemento, tanto nas folhas quanto no caule, aumenta significativamente quando foi aplicada a água de maior valor de RAS. Isto reflete uma maior absorção de sódio pelas plantas quando foi aplicada água de irrigação com maior concentração deste elemento. Segundo Harborne (1977), as altas concentrações de sódio, condição que ocorre com frequência nos solos afetados por sais do semiárido pernambucano, geralmente inibem a absorção de potássio pelas plantas. Alian et al. (2000) cultivaram quatro cultivares de tomateiro em solução nutritiva contendo NaCl e verificaram grande aumento no teor de sódio nas folhas das plantas. Os autores ressaltam ainda que não ocorreu variação nos valores de potássio.

Os dados de teores dos elementos cálcio, magnésio, potássio e sódio na matéria seca das folhas dos tomateiros estudados em função da CE da água de irrigação são apresentados na Figura 2. Observa-se que o aumento da salinidade da água de irrigação expressa pela CE ocasionou significativas alterações nos teores de cálcio e sódio (Figura 2A e 2D), independentemente da cultivar. Enquanto que para os teores de potássio e magnésio (Figura 2B e 2C) não foram verificadas modificações, com exceção da cultivar IPA-7 para o teor de potássio e da cultivar SM-16 para o teor de magnésio. Tanto o teor de cálcio como o de sódio apresentaram significativos aumentos com o incremento da salinidade da água, constatando-se que os menores valores nos teores destes elementos foram observados para os níveis de salinidade mais baixos, enquanto os maiores valores foram verificados quando foi aplicada a água de maior nível de salinidade ($CE = 5.000 \mu S \text{ cm}^{-1}$). Para estas duas variáveis (teores de Ca e Mg na folha) foi possível o ajuste de modelos matemáticos (Tabela 8) que predizem os teores destes elementos em função

da CE da água de irrigação. O comportamento crescente dos teores destes elementos nas folhas das plantas foi semelhante para as três cultivares de tomateiro estudadas. Estes resultados podem ser explicados pelo aumento da concentração dos cátions cálcio e sódio na água de irrigação, uma vez que estas foram preparadas a partir da adição de quantidades crescentes dos sais NaCl e CaCl₂ para cada água salina utilizada. Martinez et al. (1987) verificaram que a irrigação com água de condutividade elétrica de até 9.500 $\mu\text{S cm}^{-1}$, obtida pela adição de NaCl, aumentou os teores de sódio, cálcio e magnésio na matéria seca de folhas de tomateiro.

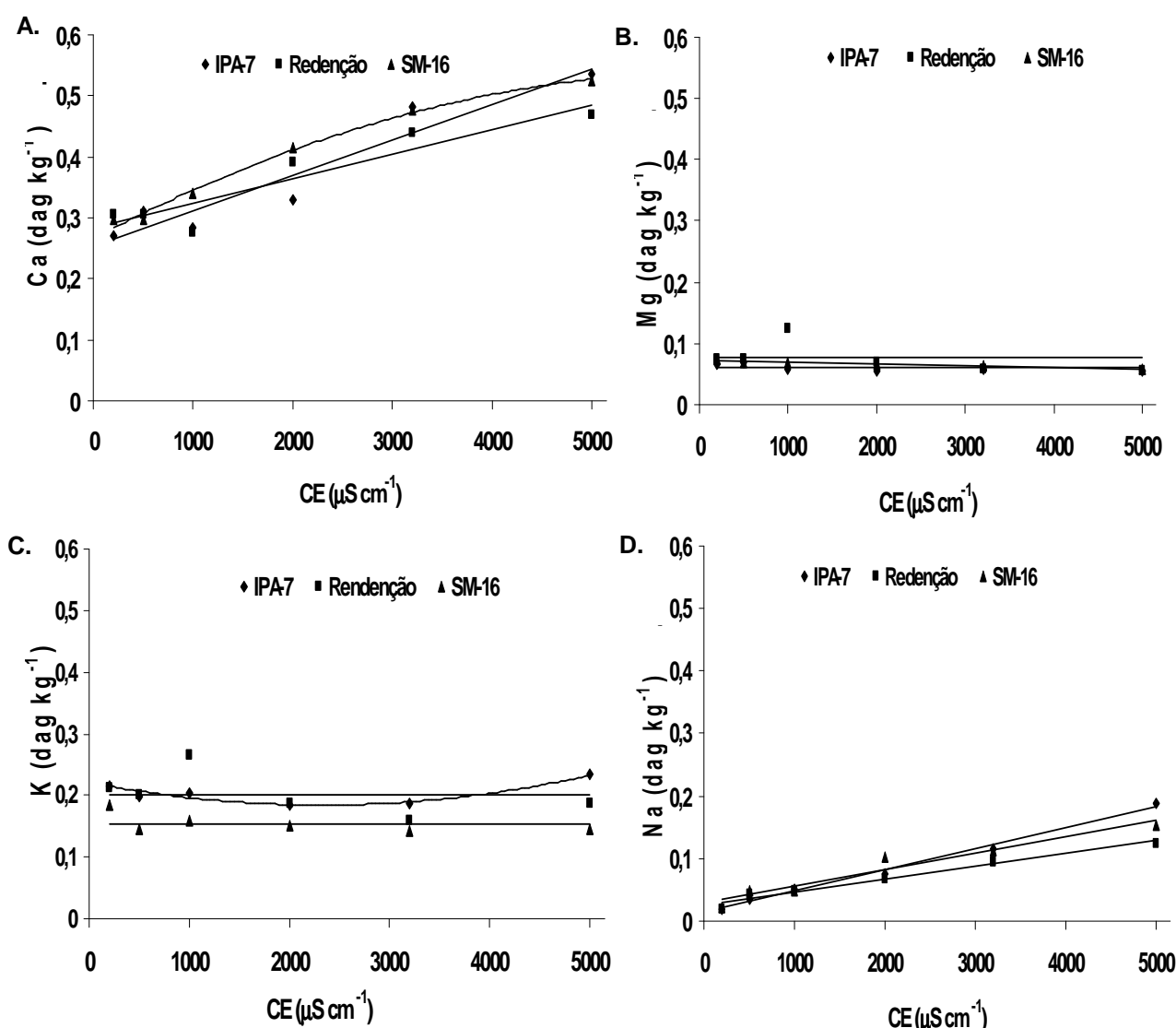


Figura 2. Teores de cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e sódio (D) em folhas de tomateiro de três variedades cultivadas em Neossolo Flúvico em função da CE da água de irrigação.

Tabela 8. Equações e coeficientes de determinação para os teores de elementos analisados nas folhas de três cultivares de tomateiro, irrigadas com águas de diferentes salinidades

Cultivares	Cálcio	R ²
IPA-7	$\hat{Y} = 0,2538 + 0,00005815^{**} X$	0,9189
Redenção	$\hat{Y} = 0,2841 + 0,00004039^{**} X$	0,8711
SM-16	$\hat{Y} = 0,2662 + 0,00008588^{**} X - 0,0000000678^{*} X^2$	0,9922
Magnésio		
IPA-7	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
Redenção	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
SM-16	$\hat{Y} = 0,07371 - 0,000003385^{**} X$	0,9149
Potássio		
IPA-7	$\hat{Y} = 0,2209 - 0,00003161^{**} X + 0,00000006801^{**} X^2$	0,9121
Redenção	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
SM-16	$\hat{Y} = \bar{X}$	-
Sódio		
IPA-7	$\hat{Y} = 0,01432 + 0,00003370^{***} X$	0,9921
Redenção	$\hat{Y} = 0,02529 + 0,00002061^{***} X$	0,9738
SM-16	$\hat{Y} = 0,02873 + 0,00002635^{***} X$	0,9411

*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados obtidos para os teores de potássio (Figura 2C) na matéria seca das folhas indicam que apenas a cultivar IPA-7 apresentou alteração significativa, para a qual o modelo quadrático (Tabela 8) se ajustou melhor. Nas demais cultivares o aumento da salinidade da água de irrigação não promoveu grandes modificações. Estes dados podem ser explicados pela manutenção da concentração de potássio do solo por minerais facilmente intemperizáveis que liberariam este elemento para a solução do solo, o que o deixaria em condições de fácil absorção pelas plantas. Quando foi aplicada a água de irrigação de maior salinidade (CE= 5.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) houve um pequeno aumento no teor de potássio para a cultivar IPA-7, fazendo com que se verifique a maior diferença entre as cultivares para esta variável, neste nível de salinidade da água. O teor de magnésio na matéria seca das folhas de tomateiro (Figura 2B) apresentaram tendência a decrescer apenas para a cultivar SM-16 e o ajuste do modelo linear foi possível. Já as demais cultivares não foram significativamente influenciadas pelo aumento da salinidade da água

de irrigação. Neste caso constata-se que as cultivares de tomateiro apresentam-se com os valores rigorosamente semelhantes, mesmo para a SM-16 que apresentou decréscimo. Estes dados também podem ser explicados pela presença de minerais primários facilmente intemperizáveis liberando o magnésio para a solução do solo e facilitando a absorção do mesmo pelas plantas, o que favoreceu a manutenção dos teores com o aumento da salinidade da água. Um dado que vale a pena ressaltar é que o teor de magnésio foi ultrapassado pelo de sódio a partir do nível de $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, o que pode indicar que estas plantas estavam sob um estresse nutricional. Os dados de potássio estão semelhantes aos encontrados por Alian et al. (2000) estudando quatro cultivares de tomateiro irrigadas com solução nutritiva contendo NaCl. Já os de magnésio estão em diferindo dos encontrados por Martinez et al. (1987), que estudando quatro cultivares de tomateiro irrigadas com água com CE de até $9.500 \mu\text{S cm}^{-1}$ verificaram aumento nos teores de magnésio na matéria seca de folhas das plantas.

4.3. Atributos químicos do solo

4.3.1. Variáveis no extrato da pasta saturada (solúveis)

Ao final do experimento (65 dias após transplante), os valores de pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo assim como os cátions solúveis e a RAS do extrato de saturação do solo (Tabela 9) não diferiram entre si, em função das cultivares utilizadas, como já era esperado. No entanto, a maioria dos cátions solúveis e a RAS do extrato de saturação do solo foi alterada significativamente pela utilização da água de irrigação com valores crescentes de RAS, refletindo o potencial da elevada concentração do sódio na água de irrigação com RAS superior em promover alterações na composição do extrato da pasta saturada e, conseqüentemente, o potencial de sodificar o solo com o uso continuado desta água. Freire et al. (2003a), estudando solos de Pernambuco irrigados com águas de salinidade e sodicidade variáveis, verificaram que as águas de maiores valores de CE e RAS promoviam a salinização e sodificação dos solos.

Os valores de cálcio e magnésio solúveis do solo diminuíram bastante quando a RAS da água de irrigação foi aumentada (Tabela 9). Houve um decréscimo nos valores de Ca^{2+} de praticamente cinco vezes em relação ao valor induzido pela RAS de valor igual a 2, e para o Mg^{2+} , um decréscimo de quase duas vezes. Provavelmente, isso ocorreu em virtude da maior concentração de Na^+ nas águas de RAS mais elevada que, causando o aumento na concentração da solução do solo, promove a precipitação do cálcio e do magnésio, por serem menos solúveis, e faz com que as concentrações destes últimos sejam diminuídas no extrato de saturação do solo. Pessoa (2009), estudando dois Neossolos Flúvicos do semiárido de Pernambuco cultivados com cebola e irrigados com águas de diferentes valores de CE e RAS verificou aumento nos teores de cálcio e magnésio solúveis do solo.

Tabela 9. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e relação de adsorção de sódio (RAS) do extrato da pasta saturada em função da cultivar e da RAS da água de irrigação

Variável	pH	CE	mmol _c L ⁻¹				RAS
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	
		dS m ⁻¹					
Cultivar							
IPA-7	7,08 A	5,02 A	16,02 A	3,34 A	0,70 A	26,97 A	11,98 A
Redenção	6,99 A	4,95 A	16,94 A	3,17 A	0,67 A	26,14 A	12,36 A
SM-16	7,12 A	4,81 A	14,37 A	2,87 A	0,58 B	25,60 A	12,32 A
RAS							
2	6,99 A	4,87 A	25,90 A	3,97 A	0,66 A	13,10 B	4,40 B
20	7,13 A	4,98 A	5,38 B	2,28 B	0,62 A	39,37 A	20,04 A
CV (%)	6,67	29,68	38,57	50,86	24,38	30,16	20,40

Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de Cultivar e RAS não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tanto para a água de RAS 2 como para a água de RAS 20, um expressivo aumento no sódio solúvel pôde ser verificado em relação a condição inicial do solo, e quando foi aplicada a água de RAS 20 ocorreu aumento do sódio solúvel do solo da ordem de mais de 20 vezes. Esta elevação do teor de sódio e a redução dos de cálcio e magnésio provocou um significativo aumento da RAS do extrato de saturação do solo em estudo,

passando de 2,63 antes do experimento (Tabela 2) para 20,04, ou seja, um valor quase 10 vezes superior, no tratamento em que foi aplicada água de RAS 20, o que contribuiria para classificar o solo como sódico ($RAS > 13$) (Richards, 1954). O aumento da RAS da água de irrigação promoveu maior risco de sodificação do solo, o que foi verificado neste estudo e por Freire et al. (2003b), que observaram a sodificação de solos de Pernambuco submetidos à passagem de águas com valores de RAS crescentes, dentre os solos havia um Neossolo Flúvico, similar ao utilizado neste estudo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cavalcante et al. (2005), estudando solos cultivados com duas cultivares de algodão sob irrigação com águas salinas; por Silva et al. (2007), que também verificaram valores crescentes da RAS do extrato de saturação do solo com o aumento da salinidade/sodicidade da água de irrigação; e por Pessoa (2009), em estudo com dois Neossolos Flúvicos do semiárido de Pernambuco, que verificou aumento da RAS do extrato de saturação do solo com o aumento da RAS da água de irrigação.

Neste estudo, os valores de pH e CE do extrato de saturação do solo e potássio solúvel (Tabela 9), não foram significativamente alterados em função da RAS da água de irrigação, no entanto, verifica-se um ligeiro decréscimo dos valores de pH. É possível constatar que ocorreu um expressivo aumento da CE em relação a condição inicial do solo (Tabela 2), tanto quando foi aplicada a água de RAS igual a 2 como a de RAS igual a 20, este aumento foi suficiente para o solo passar a ser classificado como salino de acordo com a classificação proposta por Richards (1954). Estes dados estão de acordo com os obtido por Pessoa (2009) que, em estudo com dois Neossolos Flúvicos originários da mesma área, não verificou alterações de pH e CE do extrato de saturação do solo com o aumento da RAS da água de irrigação.

Foram ajustados modelos para prever a concentração dos cátions solúveis em função da CE para a RAS 2 e para a RAS 20 (Figura 3). Para todos os cátions solúveis foram ajustados modelos matemáticos, com bons coeficientes de determinação. É possível observar que houve elevação dos cátions solúveis com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação tanto para a RAS 2, quanto para a RAS 20. Para a água de irrigação de RAS igual a 2, há predominância do íon cálcio, seguida de sódio, magnésio e por fim

do potássio. Neste caso, a predominância do cálcio em relação aos outros cátions se deve ao fato de que como a água de irrigação tem valores combinados de CE e RAS, e foram preparadas a partir dos sais CaCl_2 e NaCl a proporção Ca^{2+} e Na^+ na água de irrigação varia em função das quantidades dos sais adicionados à água.

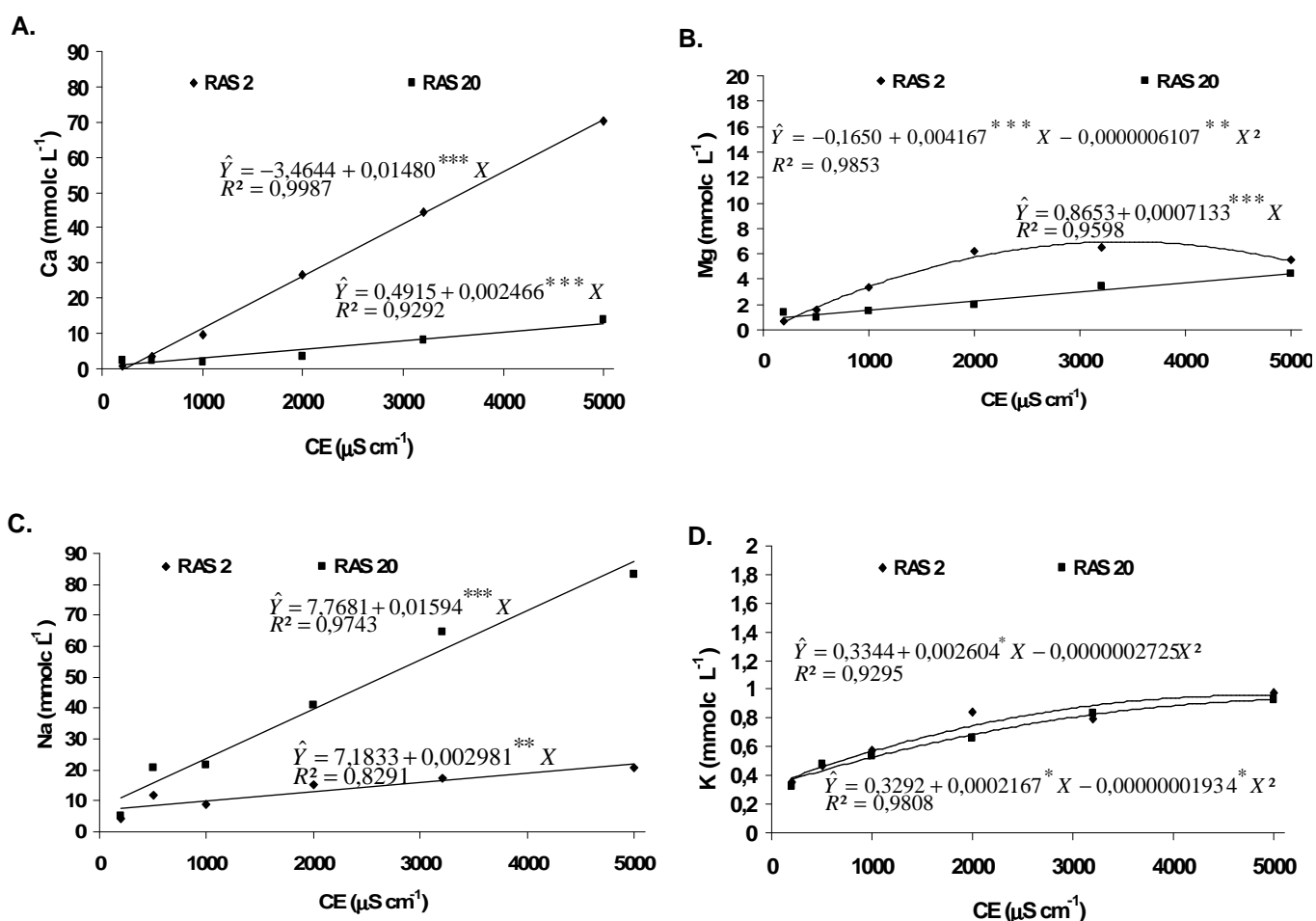


Figura 3. Teores de Ca^{2+} (A), Mg^{2+} (B), Na^+ (C) e K^+ (D) no extrato da pasta saturada de Neossolo Flúvico em função da CE da água de irrigação, para os valores de RAS 2 e 20 (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

Para o valor de RAS igual a 2, proporcionalmente utiliza-se mais cálcio do que sódio (Figura 3A e 3C). Logo é esperado que no extrato de saturação do solo ocorra mais cálcio do que sódio. No entanto, quando se utilizou a água de irrigação de RAS igual a 20, ocorreu à predominância de sódio, seguido de cálcio, magnésio e potássio, neste caso a proporção de sódio para preparar a

água de RAS igual a 20 foi maior do que a de cálcio, esperando-se que no extrato de saturação fosse maior a concentração de sódio do que a de cálcio, como de fato ocorreu. Já o aumento dos teores de magnésio e potássio no extrato de saturação com a elevação da CE, possivelmente, está relacionado ao deslocamento destes cátions do complexo de troca pelo cálcio e pelo sódio provenientes da água de irrigação. Resultados semelhantes foram encontrados por Pessoa (2009), estudando dois Neossolos Flúvicos cultivados com cebola e irrigados com águas de salinidade crescente; Silva et al. (2007), pesquisando o risco de salinização de quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas; e Cavalcante et al. (2005), em estudo de solo com duas cultivares de algodão e irrigado com águas salinas.

Ao final do experimento (65 dias após transplante), tanto quando foi utilizada a água de irrigação de RAS igual a 2, como quando foi utilizada a água de RAS igual a 20, a CE do extrato de saturação do solo aumentou linearmente com o aumento da CE da água de irrigação (Figura 4A). Os valores da CE do extrato foram muito próximos para o uso de ambas as águas, refletindo o potencial das águas de salinizar o solo, sendo a água de CE igual a $5.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ a que promoveu o maior incremento da CE do extrato de saturação do solo ($\text{CE} \approx 10,5 \text{ dS m}^{-1}$ para a água de RAS 2, $\text{CE} \approx 9,70 \text{ dS m}^{-1}$ para a água de RAS 20) tornando o solo salino de acordo com a classificação proposta por Richards (1954).

Já os valores de pH do extrato de saturação do solo não diferiram entre si, em função do aumento da CE da água de irrigação aplicada, não sendo possível o ajuste de modelos adequados (Figura 4B). Estes dados concordam com os obtidos por Dias et al. (2004), trabalhando com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em um Argissolo; Alencar et al. (2003), encontraram dados semelhantes quando em estudo sobre crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com águas salinas; Gervásio et al. (2000), trabalhando com solo cultivado com alface americana irrigada com águas salinas também verificaram aumento da salinidade do extrato da pasta saturada com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, após colheita da cultura.

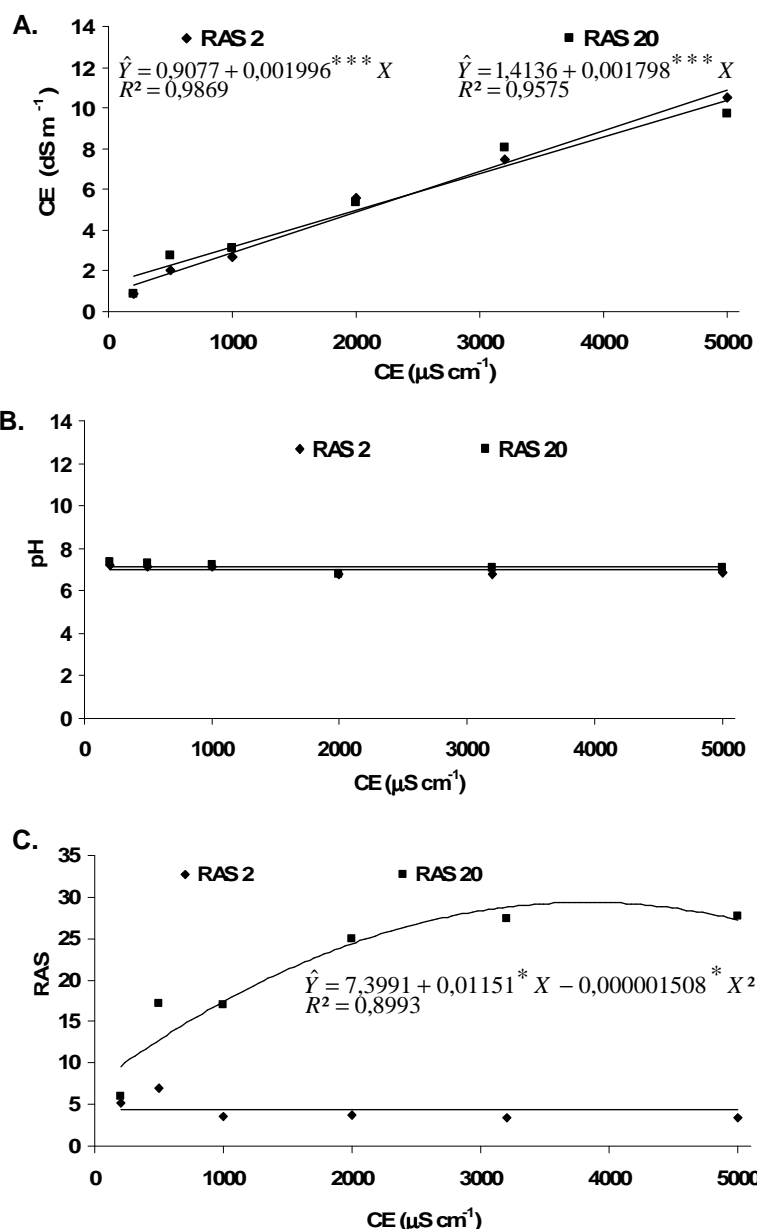


Figura 4. Valores de condutividade elétrica (A), pH do extrato de saturação (B) e relação de adsorção de sódio (C) de Neossolo Flúvico em função da CE da água de irrigação, nos valores de RAS de 2 e 20 (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

Quando foi utilizada a água de irrigação com RAS igual a 2 não foi observada modificação significativa na RAS do solo em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, não sendo possível o ajuste de nenhum modelo matemático. Por outro lado, a RAS do solo foi sensivelmente alterada quando se utilizou a água de irrigação de RAS igual 20 (Figura 4C). Este fato pode ser explicado pela maior proporção de sódio em relação ao

cálcio na água de irrigação de RAS 20, isto eleva a concentração de sódio solúvel no solo e faz com que os valores da RAS do solo, calculada a partir dos dados de sódio, cálcio e magnésio solúveis, tenham acréscimos com o aumento da salinidade da água de irrigação. Barbosa et al. (2005) também encontraram acréscimos na RAS do solo a medida que aumentou o nível de salinidade da água de irrigação aplicada em um Argissolo Amarelo cultivado com banana.

4.3.2. Variáveis de solo (trocáveis)

Como esperado, as cultivares de tomateiro não influenciaram significativamente nos atributos químicos do solo, ocorrendo com os cátions trocáveis, pH do solo e percentagem de saturação por sódio (Tabela 10) comportamento semelhante ao ocorrido com os cátions solúveis (Tabela 9).

Entretanto, quando foi feita a aplicação da água de irrigação com RAS igual a 20, verificou-se incremento significativo no valor de pH do solo em relação ao pH com a utilização da água de RAS igual a 2. De acordo com Ribeiro et al. (2003), o elevado teor de sódio no solo tende a elevar o pH, pois este íon ao entrar em contato com a água hidrolisa, ocorrendo a substituição deste pelo H^+ , promovendo aumento do pH do solo. Resultado semelhante foi obtido por Pessoa (2009), em pesquisa com dois Neossolos Flúvicos irrigado com águas de diferentes valores de CE e RAS. O autor ressalta que, quando foi possível o ajuste de equações de regressão, a RAS da água de irrigação promoveu aumento nos valores de pH dos solos em estudo.

Para o cálcio trocável, observa-se que com a utilização de água de RAS 20, houve significativa redução da concentração deste elemento na fase trocável do solo (Tabela 10). Esta queda nos valores se deve ao deslocamento do cálcio do complexo de troca pelo sódio que está em maior concentração na solução do solo devido à adição da água de irrigação com elevada proporção deste elemento. Segundo Richards (1954), a passagem do sódio para o complexo de troca começa a ter importância quando este cátion constitui a metade ou mais dos cátions da solução do solo. Nestas condições, apesar do menor poder de troca do sódio, este pode deslocar outros cátions por efeito de massa (Ribeiro et al., 2003).

Tabela 10. Valores médios de pH do solo, teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio trocáveis, e percentagem de sódio trocável (PST) de Neossolo Flúvico cultivado com tomate em função da cultivar e da RAS da água de irrigação

Variável	pHsolo (1:2,5)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PST
		cmol _c dm ⁻³				%
Cultivar						
IPA-7	7,38 A	4,52 A	1,17 A	0,14 A	0,25 A	2,94 A
Redenção	7,39 A	4,49 A	1,23 A	0,14 A	0,25 A	2,90 A
SM-16	7,37 A	4,28 A	1,15 A	0,12 B	0,24 A	2,83 A
RAS						
2	7,22 B	4,76 A	1,10 B	0,12 B	0,08 B	0,98 B
20	7,53 A	4,10 B	1,26 A	0,14 A	0,41 A	4,80 A
CV (%)	3,93	13,66	14,96	24,78	45,44	22,64

Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de cultivar e RAS não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Porém, o solo ainda tem maiores concentrações de Ca²⁺ em ambas as situações, contudo, se por um lado o cálcio ainda predomina no complexo de troca, por outro lado, a redução nos seus valores, indica que o uso contínuo destas águas com elevadas proporções de sódio pode promover a sodificação do solo (Freire et al., 2003b). Para os cátions Mg²⁺ e K⁺ verifica-se pequenos incrementos nos seus teores (Tabela 10) quando comparamos o efeito da aplicação da água de RAS 2 com o efeito da água de RAS 20. Este fato pode ser explicado pela liberação destes cátions a partir de minerais primários como as micas e esmectitas presentes no solo. Apesar do pequeno aumento, o potássio trocável foi superado pelo valor de sódio trocável, o que pode acarretar deficiências nutricionais para as plantas com o uso contínuo destas águas de irrigação.

Conforme esperado, ocorreu significativo aumento do sódio trocável quando se utilizou a água de RAS 20, em relação tanto a condição inicial (Tabela 2) como em relação à água de RAS 2. O valor da PST do solo aumentou em relação à condição inicial, independente da RAS da água de irrigação utilizada, especialmente para a RAS igual a 20. Estes dados são explicados porque o sódio trocável está diretamente relacionado à concentração do sódio solúvel, ou seja, quanto maior a concentração de sódio

solúvel maior será a de sódio trocável. Logo a percentagem de sódio trocável (PST) é uma variável muito influenciada pelos tratamentos de RAS das águas de irrigação aplicadas. Mesmo sem atingir o valor limite de 15% de PST que classifica um solo como sódico (Richards, 1954), o uso contínuo de águas dessa qualidade durante os ciclos de cultivo do tomate pode vir a promover a elevação da PST a este nível, ou até ultrapassá-lo, tornando o solo impróprio para condições de cultivo. Tedeshi & Dell' Aquilla (2005) verificaram aumento considerável de salinidade/sodicidade até 0,5 m de profundidade em um solo irrigado com águas salinas em diferentes concentrações durante sete anos.

Os valores de cálcio responderam significativamente em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação para a água de RAS 2, sendo possível o ajuste de equações de regressão para esta variável (Figura 5A). Este comportamento se deve ao aumento da concentração de cálcio ocorrida com aumento da salinidade da água de irrigação, uma vez que o CaCl_2 é um dos sais empregados no preparo destas águas. À medida que aumenta o nível de salinidade da água de irrigação também se verifica incremento do teor de cálcio trocável, isto ocorre porque no preparo das águas de irrigação a medida que aumenta a CE desejada, maior quantidade de CaCl_2 é utilizada. Comparando as águas de RAS igual a 2 e de RAS igual a 20 observa-se valores de cálcio superiores quando foi utilizada a água de RAS 2. Este fato ocorre porque no preparo da água de RAS 2 utiliza-se mais CaCl_2 do que para o preparo da água de água de RAS 20.

Por outro lado, foi verificada redução nos teores de magnésio (Figura 5B) com o aumento da CE da água de irrigação aplicada, provavelmente, devido à competição deste elemento com o cálcio e o sódio no complexo de troca, uma vez que estes dois últimos apresentavam maiores concentrações advindas da água de irrigação. Já os teores de potássio não foram afetados pelo aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 5). Estes dados de potássio podem ser explicados pela manutenção dos teores deste elemento ocasionada pelo intemperismo de minerais primário no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Pessoa (2009) também em Neossolos Flúvicos irrigados com águas salinas. Garcia (2006) verificou uma redução nos teores de magnésio com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada em um Argissolo, enquanto os teores de potássio não foram afetados.

É possível que com a utilização contínua de águas de irrigação desta natureza, este processo venha a promover deficiência de magnésio e potássio em plantas. Uma consequência do uso destas águas destacada por Grattan & Grieve (1993) é a deficiência de magnésio, que pode ser induzida, em plantas estressadas por sais, o que reduz o crescimento da planta por alteração da razão cálcio/magnésio, acarretando queda da razão de fotossíntese e declínio na eficiência de uso da água.

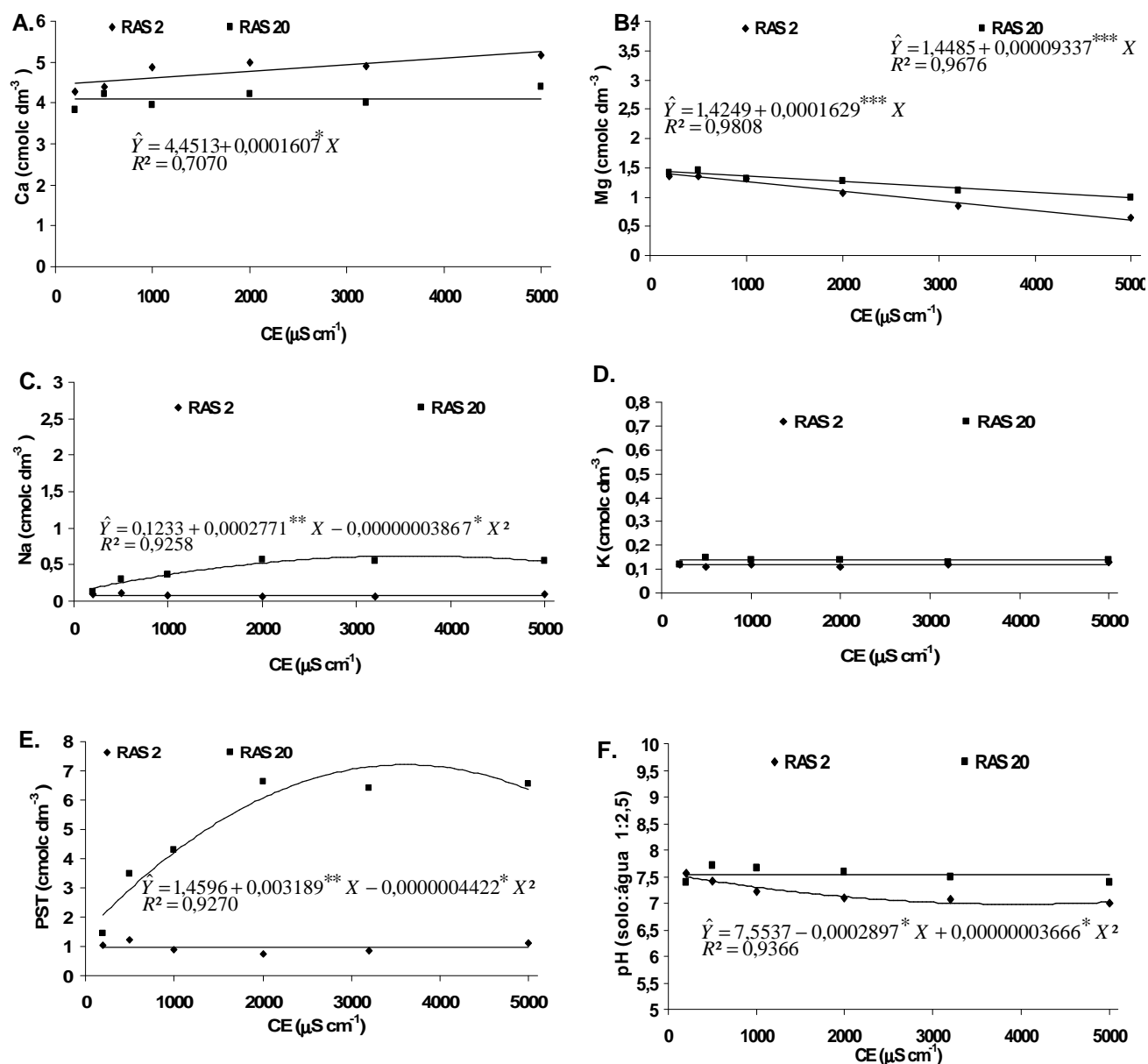


Figura 5. Teores de Ca²⁺ (A), Mg²⁺ (B), Na⁺ (C) e K⁺ (D) trocáveis, PST (E) e pH de Neossolo Flúvico em função da CE da água de irrigação, para os valores de RAS de 2 e 20.

Com os resultados de sódio trocável e PST encontrados foi possível ajustar equações de regressão apenas com os dados da água de RAS 20 (Figuras 5C e 5E). Tanto o sódio trocável quanto a PST aumentaram com o incremento da salinidade da água de irrigação, representado pelo aumento da CE da água. Isto ocorre porque aumenta a quantidade de NaCl no preparo das águas de irrigação, e só ocorre para a água de RAS 20 porque no preparo da água de RAS 2 o sal que tem maior representatividade para atingir a CE desejada é o CaCl_2 em relação ao NaCl. Concordando com estes resultados, Macedo & Santos (1992), estudando o efeito da aplicação da água salina sobre solos irrigados de Sumé-PB, encontraram valores crescentes de RAS e do teor de sódio trocável, com variação em função da época do ano; Santana et al. (2003), trabalhando com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em solo cultivado com feijoeiro, também encontraram elevação no sódio trocável com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada no solo, evidenciando também maiores valores de soma de bases e saturação por bases.

Para o pH do solo (Figura 5F) observou-se redução de seus valores em função da salinidade da água de irrigação a que foram submetidos, possivelmente, pelo uso de sais de cloreto, substituindo os de ânions básicos como carbonatos e bicarbonatos. Estes resultados de pH estão de acordo com os obtidos por Freitas et al. (2007), que também observaram reduções nos valores de pH de um Latossolo e um Espodossolo em função dos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação; e Garcia (2006), que também encontrou uma redução nos valores do pH de um solo cultivado com milho e irrigado com águas salinas.

Segundo Brady (1989), os decréscimos nos valores do pH do solo, com a aplicação de água salina, podem ser atribuídos à adição de CaCl_2 ao solo via água de irrigação, resultando assim, no aumento na concentração de íons H^+ na solução do solo. Apesar dos decréscimos de pH verificados, os valores ainda estão altos, podendo acarretar problemas de indisponibilização de P e alguns micronutrientes, comuns em solos alcalinos, contribuindo para a limitação do uso agrícola de solos sob irrigação com águas salinas.

5. CONCLUSÕES

- Neste estudo as cultivares de tomateiro IPA-7, Redenção e SM-16 apresentam comportamentos diferentes quando irrigadas com água de salinidade crescente. Onde a cultivar IPA-7 apresenta o melhor desenvolvimento e a SM-16 o pior;
- As variáveis MFF, MFC, MSC e ALP são significativamente influenciadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação;
- Para as condições desta pesquisa as RAS das águas de irrigação promovem incremento significativo na MFF e DC, e não exercem influência sobre as demais variáveis de crescimento estudadas;
- O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu aumento nos teores de cálcio e sódio na matéria seca de folhas de tomateiro, onde o cálcio foi o elemento encontrado em maior concentração;
- As águas de salinidade crescente promoveram aumento no teor de sódio trocável, na PST, na RAS e na CE do extrato de saturação do solo, indicando evolução nos processos de salinização e sodificação;
- As concentrações de cálcio e magnésio solúveis no solo são expressivamente aumentadas com a aplicação de água de irrigação com salinidade e sodicidade elevadas.

6. REFERÊNCIAS

ABID – Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. **Irrigação localizada**. ITEM. Brasília. n.51, 2001. 72p.

ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S. PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.221-226, 2003.

ALIAN, A.; ALTMAN, A.; HEVER, B. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. **Plant Science**, v.152, n.1, p.59-65, 2000.

ANJOS, I. M. dos. **Recuperação de um solo salino-sódico: efeito de diferentes níveis e formas de aplicação de gesso**. 1993. 34f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A qualidade da água na irrigação do trópico semiárido: Um estudo de caso**. In: SEMINÁRIO FRANCO BRASILEIRO DE PESQUISA EM IRRIGAÇÃO, 1990, Recife. Anais... Recife: SUDENE, 1990. p.147-153.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena agricultura no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitação de uso..** Ed. CNPq. Recife, PE. 128p. 1995.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29

BARBOSA, S. C. S.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; COSTA, J. R. M.; COSTA, J. P. V. & CALHEIROS, C. B. M. Crescimento e absorção de nutrientes em

bananeira irrigada com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 343-346, 2005. (Suplemento).

BARROS, M. de F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ V., V. H.; RUIZ, H. A. Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 320-326, 2005a.

BARROS, M. de F. C.; SANTOS, P. M. dos; SILVA, A. J. Recuperação de solos afetados por sais usando água de qualidade inferior. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 310-313, 2005b. (Suplemento).

BEN-HUR, M.; AGRASSI, M.; KEREN, R.; ZHANG, J. Compaction, aging and raindrop-impact effects on hydraulic properties of saline and sodic vertisols. **Soil Science. Society of America. Journal**. Madision, v. 62, n. 12, p. 1377-1383, 1998.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Silva, D. D. da.; Pruski, F.F. (Ed.). **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 252p.

BENARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 625p.

BEZERRA NETO, E. **Efeito da salinidade sobre quatro cultivares de tomateiro**. 1985. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 215p.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: CCA-UFPB. 2000. 72p.

CAVALCANTE, L. F. et al. Melhoria química e física de um solo salino-sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.6, n.1, p.27-35, 2002.

CAVALCANTI, P. A. R. **Crescimento e desenvolvimento de feijão caupi cultivado em solo salinizado e com suplementação potássica**. Campina Grande, PB: UFCG, 2005, 84p (Dissertação Mestrado).

CAVALCANTE, I. H. L.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F.; BECKMANN, M. Z.; CAMPOS, M. C. C.; GONDIM, S. C. Crescimento e produção de duas cultivares de algodão irrigadas com águas salinizadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.108-111, 2005.

CHRISTOFIDIS, D. **Situação das áreas irrigadas: Métodos e equipamentos de irrigação**. In: Anais do Ciclo de Palestras da Secretaria de Recursos Hídricos. 1997 <<http://www.mma.gov.br/>>, 15/11/2008.

CHURCHMAN, G.J.; SKJEMSTAD, J.O.; OADES, J.M. Effects of clay minerals and organic matter on sodicity. In: NAIDU, R.; SUMNER, M.E.; RENGASAMY, P. (ed.). **Australian Sodic Soils – Distribution, Properties and Management**. Melbourne, CSIRO, 1995. p.107-119.

CHUSMAN, J. C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**, New York, v.41, n.4, p.758-769, 2001.

CONTRERAS, A.M.; ELIZONDO, M.S. **Relaciones agua-suelo-planta-atmosfera**. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación 2. ed. 1980, 22p.

CORREIA, K. G.; FENRANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; GURGEL, M. T.; RODRIGUES, L. N. Crescimento do amendoineiro irrigado com águas salinas.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.81-85, 2005

COSTA, R. G.; CARVALHO, H.; GHEYI, H. R. Qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p.242-244, 1982.

COSTA, P. H. A. DA; SILVA, J. V.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.3, p.289-297. jul-set. 2003.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. S. N.; ANDRADE, S. I. O. & SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V.; BARROS, A. D. Evolução da salinidade em Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.240-246, 2004.

DINAR, A.; LETEY, J.; VAUX JR., H.R. Optimal ratios of saline and non saline irrigation water for crop production. **Soil Science Society America**, v.50, p.440-443, 1986.

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Diagnóstico do Perímetro Irrigado Cachoeira II em Serra Talhada – PE. Relatório apresentado ao DNOCS em junho de 2004.

DNOCS- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Estudos para a avaliação da disponibilidade hídrica do Açude Público Cachoeira II – Município de Serra Talhada – PE**. Relatório apresentado ao DNOCS em julho de 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F. & HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca das raízes, caule e folhas de goiabeira submetido a estresse salino. **Pesq. Agropec. Bras.**, 36: 79-88, 2001

FERNANDES, J. G.; FREIRE, M. B. G. S.; CUNHA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORREIA, M. M.; SANTOS, P. R. Qualidade físico-químicas das águas utilizadas no perímetro irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.1, p.27-34, 2009.

FERNANDES, J. G. **Caracterização de águas e solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada/PE**. 2008, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas II: Tomate a hortaliça cosmopolita. In:_____. **Novo manual de olericultura**. 3ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. cap. 13, p.194-241.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT)**, FAOSTAT Agriculture Data, 2000. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em 24/02/10.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **La conservación de las tierras en América Latina**. 1998. Disponível em: <www.fao.org/ag.esp/revistas/spot4.htm>. Acesso em 24/09/2008.

FRANÇA, F. M. C. **Políticas e Estratégias para um novo modelo de irrigação**. Documento Síntese. Fortaleza: Ed. Banco do Nordeste. 2001. 127p.

FREIRE, M. B. G. dos S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H. & FREIRE, F, J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.227-232, 2003a.

FREIRE, M. B. G. dos S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H. & FREIRE, F, J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45- 52, 2003b.

FREIRE, M. F. da S. **Manejo de um solo com água salgada submetido a três métodos de irrigação**. 1992, 51f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

FREITAS, E. V. S.; FERNANDES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; FREIRE, M. B. G. S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007.

GARCIA, G. O. **Alterações químicas no solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção da cultura do milho irrigado com água salina**. 2006, 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GAWAD, G. A.; ARSLAN, A.; GAIHBE, A.; KADOURI, F. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria. **Agricultural Water Management**, 78, p.39–53, 2005.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. de. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

GHEYI, H. R. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS, R. N., ROMERO, R. E., SILVA, J. R. C. (Eds), *Agricultura, sustentabilidade e o semiárido*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Fortaleza (UFC), p. 329-345. 2000.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 203 – 225.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. New York: Academic Press, 1977. 243p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The Water-cultured method for growing plants without soil**. California: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular, 347).

IBGE. **Levantamento Sistemático de Produção Agrícola. 2008**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/. Acesso em: 24 de novembro de 2008.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola–Rendimento Médio – Safra de 2001**. Disponível em: <http://www.ibge.net/home/estatistica/indicadores/agropecuaria> Acesso em: 27/10/ 2008.

JAVED, I. U. L. Ion distribution response of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) to NaCl salinity. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.4, n.1, p.46-48, 2002.

JENSEN, M. E.; RANGELEY, W. R.; DIELEMAN, P. J. Irrigation trends in world

agriculture. In: **Irrigation of agricultural Crops**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1990. p.31-67.

KHAN, M. A.; ABDULLAH, Z. Salinity – sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa* L.) under dense soil conditions. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.49, n.2, p.145-157, 2003.

KHAN, A. S.; NEIVA, A. C. G. R.; SILVA, L. M. R. Projeto São José e o desenvolvimento rural no Estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 143-171, jul./set. 2001.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade química da água dos açudes do Nordeste**. Recife: SUDENE, 1989. 97p. (Série Hidrológica, 26).

LEITE, E. M. et al. Efeito de corretivos no crescimento de gramíneas e leguminosas cultivadas em solo salino-sódico. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2001. p.163.

LEITE, E. M. **Crescimento inicial de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com corretivos**. 2002. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, PB.

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório Final do Convênio Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE - DRN, 1983. p.91-141. Convênio SUDENE/ORSTOM.

MACÊDO, L. de S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA. 1988, 11p. (Comunicado Técnico, 38).

MACÊDO, L. de. S.; MENINO, I. B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.47-51, 1998.

MACEDO, L. S.; SANTOS, J. B. Efeito da aplicação de água salina sobre os solos irrigados na Bacia Sucuru/Sumé, PB. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.915-922, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARTINEZ, V.; CERDA, A.; FERNANDEZ, F. G. Salt tolerance of four tomato hybrids. **Plant and Soil**, v.97, n.2, p.233-242, 1987.

McNEAL, B.L.; COLEMAN, N.T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 30, p. 308-312, 1966.

MEDEIROS, J. F. **A qualidade da água de irrigação e evolução de salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MELO, R. M. **Avaliação da necessidade de gesso em solos salinos sódicos do perímetro irrigado de Custódia – PE**. 2005. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

MINHAS, P.S.; SHARMA, D.R. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. **Irrigation Science**, v. 63, p. 159-167, 1986.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. Aproveitamento Sustentável de Aquíferos Aluviais no Semiárido. IN: CABRAL, J. S. P.;

FERREIRA, J. P. C. L.; MONTENEGRO, S. M. G.; COSTA, W. D. **Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento**. Tópicos especiais em Recursos Hídricos. Recife: ed. Universitária da UFPE, 2004. 447p.

NIAZI, M.H.K.; HUSSAIN, N.; KAHN, G. D.; MEHDI, S. M.; RASHID, M. Efficacy of acid reclaimants in combination with nonconventional fertilizers for salinity control. In: INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 6., 1992, Mashville. Proceedings... Mashville. 1992. p.387-394.

OLIVEIRA, B. C.; CARDOSO, M. A. A.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.11–16, 2007

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal, FUNEP, 2001. 414p.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. de (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997, p.1-35.

PALIWAL, K. V.; GHANDHI, A. P. Effect of salinity, SAR, Ca:Mg ration in irrigation water and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage. **Soil Science**, Baltimore, v. 122, n.2, p.85-90, 1976.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000. (Comunicado técnico)

PEREIRA, K. S. N. **Tolerância vegetal da goiabeira à salinidade da água de**

irrigação durante a germinação e produção de mudas. 2000. 82f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

PESSOA, L. G. M. **Desenvolvimento de Cebola e atributos químicos de dois Neossolos Flúvicos irrigados com águas salinas.** 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperation de suelos salinos.** Madrid: Editora Agrícola, Española, 1985. 542p.

RIBEIRO, M. R.; BORROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e mineralogia do solo. 1 ed. Viçosa, MG: SBCS, 2009. cap. XIX, p.449-484.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURTI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G. G.; et al. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p.165-208.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** U. S. Dep. Agric. Handbook 60 Washington,. U. S. Government Printing, Office, D. C., 1954. 160p

RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Considerações sobre os impactos ambientais da agricultura irrigada.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 7 p. (Circular técnica).

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.297-300, 2005. (NOTA)

SADIQ, M.; HASSAN, G.; CHAUDHRY, G. A.; HUSSAIN, N.; MEHDI, S. M. & JAMIL. M. Appropriate land preparation methods and sulphuric acid use for amelioration of salt affected soils. **Pakistan Journal of Agronomy**, Hafizabad, v.2, n.3, p.138-145, 2003.

SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.0: Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, 2007.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n. 2, p.443-450, 2003.

SANTOS, M. F. G. dos. **Recuperação de um solo sódico: efeito do gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça**. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)- Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SANTOS, R. V. dos. **Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro vigna** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 1995. 120f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants of salinity. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.60, n.1, p.75-120, 1997.

SILVA FILHO, S. B.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A ; LIMA, E. M. & COSTA, J. R. M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.5, n. 2, p. 112-115, 2000.

SILVA JÚNIOR, C. D. da.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.39- 44, 2002.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; DUDA, G. P. & SOUSA, C. E. S. Risco de salinização em quatro solos do Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 8-14, 2007.

SILVA, M. R. M. da. **Viabilidade de uso de vinhaça na recuperação de um solo salino sódico**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)- Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SILVEIRA, K. R. da. **Gesso e vinhaça na recuperação de um solo afetado por sódio trocável**. 1997. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SIQUEIRA, E. C. et al. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.263-267, 2005.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed., Porto Alegre: Artmed. 2004.719p.

TAN, K. H. **Environmental soil science**. New York. Marcel Dekker, 1994. 304p.

TEDESCHI, A.; DELL' AQUILLA, R. Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v. 77, p. 308-322, 2005.

TERTULIANO, S. S. X. et al. Efeito dos corretivos no crescimento de plantas e nas propriedades químicas de um solo salino sódico. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 1999, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 1999, p.147.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas, São Paulo, 2002. 45p.

VIANA, S. B. A.; RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D. & GHEYI, H. R. Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.60-66, 2001.

VIEIRA, D. B. **As Técnicas de Irrigação**. São Paulo: Editora Globo, 1989. 263p.