



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CLONES DE CAJUEIRO ANÃO-PRECOCE SOB CONDIÇÕES DE SALINIDADE**

**PAULO TORRES CARNEIRO**

**Campina Grande - Paraíba**  
**ABRIL - 2001**

**PAULO TORRES CARNEIRO**  
Engenheiro Agrônomo

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CLONES DE  
CAJUEIRO ANÃO-PRECOCE SOB CONDIÇÕES DE SALINIDADE**

**Orientador: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

**Co-Orientador: Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc.) em Irrigação e Drenagem.

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**  
**ABRIL – 2001**



C289g

Carneiro, Paulo Torres

Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade / Paulo Torres Carneiro. - Campina Grande, 2001.

84 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Águas Salinas 2. Genótipos 3. Anacardium occidentale L. 4. Dissertação - Engenharia Agrícola I. Fernandes, Pedro Dantas II. Gheyi, Hans Raj III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB)

CDU 631.413.3(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

PAULO TORRES CARNEIRO

Título: "Germinação e Desenvolvimento Inicial de Clones de Cajueiro Anão-Precoce  
Sob Condições de Salinidade".

BANCA EXAMINADORA

PARECER

*Pedro Dantas*

Dr. Pedro Dantas Fernandes-Orientador

*Aprovado*

*Hans Raj Ghayi*

Dr. Hans Raj Ghayi-Orientador

*Aprovado*

*J. Francismar*

Dr. José Francismar de Medeiros-Examinador

*Aprovado*

*José Geraldo R. dos Santos*

Dr. José Geraldo R. dos Santos-Examinador

*APROVADO*

ABRIL - 2001

*Aos meus pais, irmãos e parentes.  
À minha esposa e ao meu filho,  
Iago Miguel, a quem almejo  
caminhos menos espinhosos.*

**OFEREÇO E DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

*A DEUS soberano e misericordioso, pelo espírito de luta e perseverança que têm me proporcionado, me fazendo chegar todos os meios necessários à realização deste trabalho.*

*Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pela oportunidade concedida à realização deste curso.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.*

*Aos orientadores Dr. Pedro Dantas Fernandes e Dr. Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos ministrados durante o curso e na redação desta Dissertação, assim como, pela compreensão, consideração, respeito e amizade.*

*À coordenação; aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, pelos conhecimentos técnicos/científicos repassados; e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), em especial, a Francisco Alves da Silva, pela colaboração nas análises de solo.*

*Aos colegas Luís Nery Rodrigues, Omar Cruz Rocha, Cícero Oliveira Lima, Lyndon Johnson R. Albuquerque, Maria Betânia Rodrigues Silva, Andréa Brito, Cláudio Augusto Uyeda, Josenildo Ferreira da Costa Júnior, pelo proveitoso convívio, e, em particular, a Sérgio Batista Assis Viana e Frederico Antônio Loureiro Soares, pelas valiosas ajudas e incentivos constantes.*

*À minha esposa Norma Geovanne, pelo apoio, compreensão e estímulo.*

*Aos meus pais, Pedro e Geuda, pelos esforços despendidos na minha formação moral e intelectual, e irmãos, Arimatéia, Sidney, Sonildo, Pedro Júnior, Salvan, Francisco e Galeno.*

*Finalmente, gostaria de agradecer a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o sucesso deste trabalho.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE APÊNDICES .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1. A CULTURA DO CAJUEIRO.....	14
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	16
2.3. EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS.....	19
2.3.1. Efeito osmótico .....	20
2.3.2. Efeito tóxico.....	21
2.3.3. Efeito de natureza nutricional.....	22
2.4. TOLERÂNCIA DAS PLANTAS À SALINIDADE .....	24
2.4.1. Mecanismos de tolerância.....	27
2.4.1.1. Mecanismo morfológico .....	28
2.4.1.2. Mecanismo fisiológico.....	29
2.5. SALINIDADE EM CAJUEIRO ANÃO-PRECOCE .....	30
2.6. ANÁLISE DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO .....	32
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	35
3.2. MATERIAL DE SOLO.....	36
3.3. PREPARO DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO.....	38
3.4. TRATAMENTOS.....	39
3.5. MATERIAL GENÉTICO .....	39
3.6. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	39
3.7. VARIÁVEIS ANALISADAS .....	41
3.7.1. Germinação.....	41
3.7.2. Avaliação do crescimento e desenvolvimento da cultura.....	42

3.7.2.1. Índices de crescimento.....	42
3.7.2.1.1. Altura de planta e número de folhas.....	42
3.7.2.1.2. Área foliar.....	42
3.7.2.1.3. Fitomassa.....	43
3.7.2.2. Índices fisiológicos.....	43
3.7.2.2.1. Taxa de crescimento absoluto.....	43
3.7.2.2.2. Taxa de crescimento relativo.....	44
3.7.2.2.3. Razão de área foliar.....	44
3.7.2.2.4. Taxa de assimilação líquida.....	45
3.7.2.2.5. Relação raiz/parte aérea.....	45
3.7.2.2.6. Teor de água das folhas.....	45
3.7.3. Condutividade elétrica da água de drenagem (CE <sub>ad</sub> ) e evapotranspiração real (ET <sub>r</sub> ).....	46
3.8. ANÁLISE DO SOLO.....	46
3.9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	46
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
4.1. GERMINAÇÃO.....	48
4.2. ÍNDICES DE CRESCIMENTO.....	51
4.2.1. Número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área foliar (AF).....	51
4.2.2. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de raízes (FSR) e total (FST).....	55
4.3. ÍNDICES FISIOLÓGICOS.....	59
4.3.1. Teor de água das folhas (TAF).....	59
4.3.2. Razão de área foliar (RAF).....	60
4.3.3. Relação raiz/parte aérea (R/PA).....	62
4.3.4. Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	64
4.3.5. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	65
4.3.6. Taxa de assimilação líquida (TAL).....	66
4.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE DRENAGEM (CE <sub>ad</sub> ) E EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ET <sub>r</sub> ).....	68
4.5. SALINIDADE FINAL DO SOLO.....	70
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>73</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>
<b>7. APÊNDICES.....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Curva de retenção de água no solo .....	37
2 Número médio de dias para germinação (NDG) de clones de cajueiro anão-precoce em relação a salinidade da água de irrigação .....	50
3 Altura de planta (AP) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	54
4 Área foliar (AF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	55
5 Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) ....	58
6 Fitomassa seca de raiz (FSR) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 100 dias após o plantio .....	59
7 Fitomassa seca total (FST) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	59
8 Teor de água das folhas (TAF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	64
9 Razão de área foliar (RAF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 100 dias após o plantio .....	64
10 Relação raiz/parte aérea (R/PA) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 dias após o plantio .....	64
11 Taxa de crescimento absoluto (TCA) média de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, no intervalo de 50 a 100 dias após o plantio .....	68
12 Condutividade elétrica (CE <sub>ad</sub> ) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (E <sub>Tr</sub> ) diária de clones de cajueiro anão-precoce em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE <sub>a</sub> ), nos intervalos de 67-85 e 86-97 dias após o plantio (DAP) .....	70
13 Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE <sub>es</sub> ) e condutividade elétrica da água de irrigação (CE <sub>a</sub> ) no final do experimento .....	72

**LISTA DE TABELAS**

Tabela	Página
1 Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade .....	18
2 Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água .....	18
3 Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação .....	18
4 Dados meteorológicos da estação do INMET (CNPQ-EMBRAPA) de Campina Grande referentes ao período do experimento (Novembro/1999 – Março/2000) .....	35
5 Características químicas do solo utilizado no experimento .....	36
6 Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento .....	37
7 Análise química da água do sistema de abastecimento – CAGEPA (Boqueirão) .....	38
8 Quantidades de sais e água utilizadas no preparo das soluções de irrigação .....	39
9 Resumo de ANAVA e médias para percentagem de germinação (PG) e número de dias para germinação (NDG) de cinco clones de cajueiro anão-precoce sob diferentes níveis de salinidade (CEa) .....	50
10 Resumo de ANAVA e médias para número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área foliar (AF) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	54
11 Resumo de ANAVA e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de raiz (FSR) e total (FST) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	58
12 Resumo de ANAVA e médias para teor de água das folhas (TAF), razão de área foliar (RAF) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP) .....	63
13 Resumo de ANAVA e médias para taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, em avaliação realizada de 50 a 100 dias após o plantio (DAP) .....	67
14 Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por vaso, condutividade elétrica média ponderada (CEad) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ETr) no intervalo de 67-85 e 86-97 DAP .....	69
15 Resultados de análise do extrato de saturação do solo no final do experimento .....	72

**LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice	Página
1 Procedimento utilizado no preparo das águas de irrigação .....	83

## RESUMO

O trabalho foi desenvolvido em condições de casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, tendo como objetivo estudar os efeitos da salinidade da água em diferentes genótipos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) na fase de germinação, crescimento e desenvolvimento inicial das plantas. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: 0,7, 1,4, 2,1 e 2,8 dS m<sup>-1</sup>) testados em cinco clones comerciais de cajueiro do tipo anão-precoce (CCP06, CCP09, CCP1001, EMBRAPA50 e EMBRAPA51), no delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5x4, com quatro repetições. As águas de irrigação foram preparadas a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, mantendo a proporção equivalente 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, respectivamente. Foram avaliadas as variáveis de germinação: dias e percentagens de plântulas emergidas; índices de crescimento: altura de planta, número de folhas, área foliar, peso de matéria seca das raízes, da parte aérea e total (aos 50 e 100 dias após o plantio – DAP); índices fisiológicos: taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida (50 a 100 DAP), razão de área foliar, relação raiz/parte aérea e teor de água nas folhas (aos 50 e 100 DAP). Os níveis de salinidade da água de irrigação não reduziram significativamente a percentagem de germinação, mas prolongaram a fase de germinação. O aumento do nível salino da água de irrigação ocasionou diminuição significativa no crescimento vegetativo; a altura de planta, área foliar, peso de matéria seca das raízes, da parte aérea e total foram reduzidos com o incremento da concentração salina; o crescimento da parte aérea foi mais afetado pela salinidade do que o sistema radicular. Com o incremento da salinidade da água houve aumento significativo na razão de área foliar, relação raiz/parte aérea e teor de água nas folhas. Aumentando a CEa além de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, ocorreu decréscimo linear da taxa de crescimento absoluto. Em nenhuma variável foi verificado efeito interativo entre clones e tratamentos salinos indicando que os efeitos da salinidade não dependeram dos materiais genéticos estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** águas salinas, genótipos, *Anacardium occidentale* L.

## GERMINATION AND INITIAL DEVELOPMENT OF DWARF CASHEW CLONES UNDER SALINITY CONDITIONS

### ABSTRACT

The work was conducted under greenhouse conditions in the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of the Paraíba, Campina Grande, PB, having as objective to study the effects of water salinity in different genotypes of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in the germination phase, and initial growth development of the plants. The treatments consisted of four levels of irrigation water electrical conductivity (ECw: 0.7, 1.4, 2.1 and 2.8 dS m<sup>-1</sup>) tested in five commercial clones of early-dwarf type (CCP06, CCP09, CCP1001, EMBRAPA50 and EMBRAPA51), in an entirely random block experimental design, in 5x4 factorial scheme, with four replications. The irrigation waters were prepared using NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, keeping equivalent ratio 7:2:1 among Na:Ca:Mg, respectively. The germination variable evaluated were: days and emerged seedling percentage; growth indices: plant height, leaf number, leaf area, dry weight of the roots, the aerial parts and total (50 and 100 days after the plantation – DAP); physiological indices: absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate (after 50 and 100 DAP), ratio of leaf area, root / aerial part ratio and water content of leaves (after 50 and 100 DAP). The salinity levels of the irrigation water did not reduce the germination percentage significantly, but prolonged the duration of germination phase. The increase of the saline level of the irrigation water caused significant reduction in the vegetative growth; the plant height, leaf area, dry weight of roots, the aerial parts and total were reduce with the increment of the saline concentration; the growth of the aerial part was affected more by the salinity of than that of roots system. The increment of the salinity had significant increase in the ratio of leaf area, root / aerial part ratio and water content of leaves. Increase of ECw beyond 0.7 dS m<sup>-1</sup>, caused linear decrease of absolute growth rate. No interactive effect between clones and water salinity levels for any variable was verified indicating that the effect of the salinity do not depend on the studied genetic materials.

**KEY-WORDS:** salines waters, genotypes, *Anacardium occidentale* L.

## **1. INTRODUÇÃO**

O cultivo do caju constitui uma das atividades de maior importância econômica e social para o Nordeste brasileiro, pois, além de empregar grande contingente de pessoas, participa de forma expressiva na geração de divisas externas. No Brasil, a atividade se concentra na região Nordeste, sendo os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí os maiores produtores de castanha de caju, os quais produzem 126 mil toneladas, em uma área de aproximadamente 630 mil hectares, proporcionando uma exportação de 28 mil toneladas de amêndoas, seu principal produto, gerando divisas anuais para o Brasil da ordem de 135 milhões de dólares (FNP, 1998). Além da castanha, do cajueiro pode ser obtido também o pedúnculo, cujo potencial de aproveitamento, nas mais diferentes formas, poderá torná-lo o principal produto de exploração (Ramos *et al.*, 1996).

Os pomares de cajueiro, em sua maioria, são implantados em regime de sequeiro, com mudas de “pé-franco” de cajueiro comum, com base na falsa premissa de que a planta pode ser cultivada sob condições de extrema adversidade hídrica, o que resulta em produtividade média baixa. O cultivo de cajueiro anão-precoce possibilita a adoção de sistemas de plantio adensados com clones melhorados, poda, uso de fertilizantes e controle fitossanitário, assegurando incremento na produtividade de até 942% de castanhas e aproveitamento total do pedúnculo (Ramos *et al.*, 1996). Neste contexto, cresceram as perspectivas de utilização da irrigação para aumento da produtividade, menor risco de exploração, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo. É importante lembrar, entretanto, que o uso inadequado da irrigação em áreas semi-áridas, predominantes no Nordeste brasileiro, tem ocasionado a salinização de solos (Audry & Suassuna, 1995).

A salinidade dos solos, de acordo com Coelho (1983), tem se constituído num dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada em diversas partes do mundo.

Conforme Postel (1989), em nível global, um quarto de toda a área irrigada encontra-se seriamente afetada por sais, agravando-se a cada ano, especialmente nos locais onde a irrigação é praticada sem manejo adequado de água e solo. No Brasil, são aproximadamente nove milhões de hectares, cobrindo sete Estados. Na Bahia, está a maior área de solos afetados por sais do país (em torno de 44% do total), seguido pelo Ceará, que representa 25,5% (Fageria & Gheyi, 1997).

Existe uma grande variabilidade de comportamento entre as culturas em relação aos limites de tolerância à salinidade. Dentro de uma mesma espécie, pode haver variações entre genótipos e, ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre fases de desenvolvimento (Maas & Hoffmann, 1977; Maas, 1986). Todavia, a maioria das espécies é relativamente sensível à salinidade e quase todas as culturas são incapazes de tolerar condições permanentes de salinidade no solo (Kramer, 1984).

Em algumas circunstâncias, pode não ser economicamente viável o uso de lixiviação ou corretivos para se manter em nível baixo a salinidade do solo, assim como, nem sempre se dispõe de água de boa qualidade para irrigação (Santos & Hernandez, 1997). Diante dessas situações, são necessários estudos de cultivares tolerantes e/ou pesquisas que visem a identificação da sensibilidade a sais em diferentes períodos fenológicos, de forma que, em certas ocasiões, possam ser utilizadas águas de qualidade inferior em função de cultivares e de fases fenológicas menos sensíveis ao estresse salino.

Apesar da reconhecida importância sócio-econômica dessa cultura para o país, sobretudo para o Nordeste, e da magnitude dos problemas de salinidade nessa região, poucos trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos, investigando os efeitos da irrigação com água de diferentes qualidades em cajueiro. Nos poucos estudos existentes, encontrados na literatura disponível, as águas foram preparadas com NaCl e CaCl<sub>2</sub> (Santos & Meireles, 1997; Meireles, 1999) ou apenas com NaCl (Ferreira *et al.*, 2000), sem qualquer informação envolvendo a presença conjunta de três principais cátions (Na, Ca, Mg), que predominam em águas utilizadas em irrigação no Nordeste (Medeiros, 1992).

Assim, foi conduzido este trabalho, com o objetivo de se estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com constituição similar à de águas do semi-árido nordestino, sobre a germinação, crescimento e desenvolvimento inicial das plantas de cinco genótipos de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A cultura do cajueiro**

O cajueiro, botanicamente classificado como *Anacardium occidentale* L., pertence à família *Anacardiaceae*; espécie nativa dos campos e das dunas da costa norte do Brasil, hoje espalhada por toda a América Tropical e Antilhas e até subespontaneamente em várias zonas da África e da Ásia. Pertencem a essa família cerca de 60 a 70 gêneros e 400 a 600 espécies (Lima, 1988).

Busca-se para o cajueiro um tipo genético que permita uma exploração racional e com mais viabilidade econômica, através dos modernos sistemas de produção desenvolvidos para as frutíferas, nos quais utilizam-se plantas de porte baixo para plantios adensados, precoces e com grande potencial produtivo associado à qualidade do produto, com o objetivo de se alcançar altas produções em menor espaço de tempo. Dos tipos varietais mais conhecidos, destacam-se o “cajueiro comum” e o “cajueiro anão-precocce” (Lima, 1988).

Originário provavelmente da região Amazônica, o tipo anão-precocce, também conhecido por cajueiro de seis meses, cajueiro precocce, cajueiro de seis meses do Ceará e cajueiro do Ceará, apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônômicas que o diferenciam do cajueiro do tipo comum, tais como, porte baixo, precocidade (inicia o florescimento dos 6 aos 18 meses), período de floração e produtivo mais alongado, e menor variabilidade de fruto e pedúnculo (Lima, 1988).

O cajueiro anão-precoce é uma planta característica de clima tropical, cultivado em regiões com pluviosidade compreendida entre 750 a 1500 mm, distribuídos num período de 5 a 7 meses com uma estação seca bem definida. A planta tem melhor desenvolvimento e produção em temperaturas médias de 32°C (máxima) e 20°C (mínima), sendo sensível ao frio e à geadas. É tolerante quanto à umidade relativa, embora valor acima de 80%, no período reprodutivo, comprometa a produção e a qualidade da castanha. Os solos indicados para o cultivo do cajueiro anão-precoce são profundos, bem drenados, com relevo plano e suave ondulado. A textura média em todo o perfil, arenosa na superfície e média nos horizontes subseqüentes, oferece as melhores condições físicas (Parente, 1991, citado por Meireles, 1999). O cajueiro anão-precoce quando cultivado sob condições de irrigação apresenta um aumento na produtividade média em castanha de 367 para 4.601 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Paula Pessoa *et al.*, 1998).

Como a cultura se tornou importante do ponto de vista comercial, o cajueiro foi levado para diferentes regiões do mundo, caracterizado pelos tipos climáticos de Köppen, *Af*, *Am*, *Aw*, *BSh* e *BWh*. Em termos comparativos, todos os tipos de clima "A" se encontram no Brasil, dentro da região da qual o cajueiro é nativo. Os climas *Aw*, caracterizados por uma estação seca definida, predominam nas áreas mais vastas tanto no Brasil como em outros países para onde o cajueiro foi levado (EMBRAPA/CNPAT, 1993).

Os limites de altitude, aos quais o cajueiro pode se adaptar, estão correlacionados com a latitude, uma vez que a cultura é sensível às baixas temperaturas e às geadas. Segundo Barros *et al.* (1984), citados por Lima (1988), a maior concentração de cajueiros encontra-se nas faixas costeiras, cuja altitude não ultrapassa 600 m, a qual pode ser considerada como o limite máximo para explorações econômicas da cultura.

O cajueiro caracteriza-se por apresentar crescimento intermitente, cuja periodicidade pode manifestar-se em diferentes níveis de intensidade nas diversas fases do crescimento e desenvolvimento da planta, como queda de folhas, fluxo foliar, floração e frutificação. Estas fases fenológicas, apesar de inter-relacionadas, podem apresentar exigências diferentes com relação aos fatores ambientais (Lima, 1988).

Em estudos realizados em Pacajus, Ceará (Parente, 1981 e Frota *et al.*, 1985, citados por Lima, 1988), ficou evidenciado que no cajueiro podem ocorrer oscilações

periódicas acentuadas em diferentes fases de seu crescimento e desenvolvimento, que parecem ser controladas, em larga escala, por fatores climáticos.

## 2.2. Qualidade da água de irrigação

Muito embora a irrigação venha sendo praticada há vários milênios, a importância da qualidade da água só começou a ser reconhecida a partir do início do século XX (Wilcox & Durum, 1967; Shainberg & Oster, 1978; Araguezlafarga, 1982). Segundo Ayers & Westcot (1991), a desatenção a este aspecto se deveu à abundância de fontes de água que, no geral, eram de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, porém, está mudando em muitos lugares, em decorrência de aumento do consumo, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se necessários cuidados qualitativos em sua avaliação.

Todas as águas naturais contêm sais solúveis, em quantidades e proporções variáveis, independentemente de sua origem. Assim, qualquer adição de água ao solo, quer seja por ascensão capilar do lençol freático ou pela irrigação, implica, necessariamente, na adição de sais ao perfil. Portanto, se não for manejada corretamente, a água de irrigação, mesmo de excelente qualidade, pode-se tornar um importante fator de salinização do solo (Reeve & Fireman, 1967; Molen, 1974; Pizarro, 1985).

Segundo Doneen (1975), Shalhevet & Kamburov (1976) e Medeiros (1992), a água de irrigação apresenta, na maioria das vezes, uma composição química constituída de sais de sódio, cálcio, magnésio e potássio, na forma de cloretos, sulfatos, bicarbonatos e carbonatos, os quais podem apresentar diferentes proporções, dependendo da fonte de água, de sua localização geográfica, época de coleta, etc. Porém, apesar de diversos fatores influenciarem a quantidade e composição de sais das águas utilizadas em irrigação, as variações não são muito acentuadas em uma determinada região (Medeiros, 1998).

De acordo com Leprun (1983), nas condições do Nordeste Brasileiro, a composição iônica média das diferentes fontes é a seguinte:  $Na > Ca > ou < Mg > K$  e  $Cl > HCO_3 > SO_4$ , tendo as águas de açudes e poços uma relação  $Ca/Mg > 1$ , ao passo que para as de cacimbões e rios esse valor é menor que 1.

Conforme Wilcox & Durum (1967), a adequabilidade da água para irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso. Assim, uma mesma classe de água de irrigação pode ser considerada perfeitamente adequada para certos tipos de solo ou de cultura e inadequada para outros (Hoorn, 1971).

Além das características físico-químicas da água, outros fatores devem ser levados em consideração e analisados em conjunto quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação. Entre estes fatores, podem ser apontados o manejo da irrigação e drenagem, as características do solo, a tolerância à salinidade das culturas a serem exploradas e as condições climáticas locais (Logan, 1965; Palacios & Aceves, 1970; Rhoades, 1972; Kovda *et al.*, 1973; Christiansen *et al.*, 1977; Frenkel, 1984).

Na avaliação de sua qualidade para irrigação, de modo geral, a água deve ser analisada em relação a cinco parâmetros básicos: concentração total de sais solúveis (salinidade); proporção relativa de sódio em relação ao cálcio e magnésio (sodicidade); concentração de elementos tóxicos; concentração de carbonatos e bicarbonatos, além do aspecto sanitário (Bernardo, 1995). O efeito principal da salinidade é de natureza osmótica, podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST), com danos nas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, afetando o rendimento, independentemente do efeito osmótico. Em alguns casos, o efeito iônico pode se manifestar na forma de desequilíbrio nutricional (Holanda & Amorim, 1997).

As determinações mais usuais das águas para irrigação são: acidez (pH); condutividade elétrica (CE); teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato e boro; total de sólidos dissolvidos (TSD); relação de adsorção de sódio (RAS); percentagem de sódio solúvel (%Na); soma de cátions e soma de ânions (Bernardo, 1995; Holanda & Amorim, 1997).

Usualmente, a água de irrigação é classificada em relação a três parâmetros, sendo o primeiro relacionado ao risco de salinidade, vindo, depois, o de sodicidade ou de problemas de infiltração e, por último, o risco de toxicidade por íons específicos (Ayers & Westcot, 1991). Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de

um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação. Enquanto isso não ocorre, sugerem que, para classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do UCCC (University of California Committee of Consultants), citada em Frenkel (1984) e Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954) e tão pouco genérica como a de Ayers & Westcot (1991). Com respeito à sodicidade ou aos problemas de infiltração e à toxicidade iônica, as diretrizes apresentadas por Ayers & Westcot (1991) são adequadas. As referidas proposições de classificação quanto ao risco de salinidade e sodicidade encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. As diretrizes com respeito à toxicidade iônica encontram-se na Tabela 3.

Tabela 1. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC <sup>1</sup>	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1991)	
	Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )			Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Problema de salinidade
C <sub>1</sub>	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C <sub>2</sub>	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C <sub>3</sub>	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C <sub>4</sub>	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

<sup>1</sup> Citada por Frenkel (1984).

Tabela 2. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	Grau de restrição		
	Nenhum	Ligeira e moderada	Problemas severos
		CEa (dS m <sup>-1</sup> )	
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 2,0
3 – 6	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers & Westcot (1991).

Tabela 3. Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.

Íon específico (afeta culturas sensíveis)	Unidade	Grau de restrição para uso		
		Nenhum	Ligeira a moderada	Severa
Sódio, irrigação por superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Sódio, irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	-
Cloreto, irrigação por superfície	meq L <sup>-1</sup>	< 4	4 – 10	> 10
Cloreto, irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	-
Boro	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

Fonte: Ayers & Westcot (1991).

### 2.3. Efeito da salinidade sobre as plantas

Quanto aos efeitos sobre as plantas, a salinidade refere-se às concentrações elevadas de sais solúveis que afetam as propriedades da solução do solo na qual as raízes estão expostas, especificamente reduzindo o potencial osmótico (Wyn Jones & Gorham, 1983, citados por Läuchli & Epstein, 1990), enquanto que a sodicidade se refere, em particular, à elevada concentração de íons trocáveis de  $\text{Na}^+$  no solo, em relação a outros elementos, principalmente o  $\text{Ca}^{++}$  e o  $\text{Mg}^{++}$ . A distinção entre salinidade e sodicidade é pertinente, todavia, o termo salinidade é freqüentemente usado como termo genérico, abrangendo ambas as condições (Läuchli & Epstein, 1990).

A salinidade exerce uma variedade de efeitos sob o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, dependendo de fatores como, natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento da cultura, condições atmosféricas, devido aos seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (Ingvalson *et al.*, 1976; Korkor & Hilla, 1976).

Os sais podem afetar o desenvolvimento das plantas devido à sua concentração na solução do solo, elevando a pressão osmótica e reduzindo a disponibilidade de água para os vegetais. Pode haver também o efeito tóxico de íons específicos, como sódio, cloreto e boro, dentre outros, que causam sintomas característicos de injúria, associados à acumulação do íon específico na planta (Richards, 1954).

Tayer (1987) cita três formas de ação dos sais sobre as plantas: supressão geral no crescimento, supressão causada pelo desbalanceamento nutricional dos íons essenciais e por íons de natureza tóxica. Relata que os mecanismos de supressão geral no desenvolvimento das plantas, resultantes da salinidade, são devidos ao seu efeito direto na síntese do RNA e na redução da divisão celular e/ou alongamento das células, causados pela diminuição da água disponível para a planta e, também, aos efeitos específicos, como o desbalanceamento nutricional de íons essenciais e a absorção de íons de natureza tóxica.

A sodicidade ocorre devido a concentrações elevadas de íons  $\text{Na}^+$ , em relação aos íons de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , afetando o desenvolvimento radicular das plantas por alterar as propriedades físico-hídricas do solo, reduzindo a sua permeabilidade em

decorrência da compactação, em condições secas, e causando dispersão e floculação, em condições molhadas (Lima, 1997).

A salinidade pode, também, interferir positivamente no crescimento de algumas plantas, bem como, em sua composição. Pode promover o crescimento de halófitas e pode aumentar o rendimento ou qualidade dos cultivos (Pasternak, 1987); a salinidade moderada pode aumentar os rendimentos de algodão (Pasternak *et al.*, 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates, uma característica de qualidade (Rush & Epstein, 1981), e aumentar a tolerância dos citros a geadas (Syvertsen & Yelenosky, 1988).

### **2.3.1. Efeito osmótico**

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água, exercidas pelo solo. A medida em que a água é extraída do solo, as forças que retêm a água restante tornam-se maiores e quando a água do solo é retida com força superior às forças de extração, inicia-se o estado de escassez de água na planta. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico, aumentando, como consequência, a magnitude do problema de escassez de água na planta. A explicação científica desse fenômeno é complicada. Em geral, pode-se dizer que, devido à afinidade dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de embebição para extrair do solo uma unidade de água com sais, do que sem sais, requerendo, desta forma, energia adicional para absorver água de uma solução em solo salino (Ayers & Westcot, 1991).

Qualquer aumento no conteúdo de sais do solo provoca um decréscimo no potencial osmótico da solução. Assim sendo, níveis de salinidade elevados no solo reduzem o potencial osmótico de sua solução e, em consequência, o potencial hídrico e, por conseguinte, a disponibilidade de água para as plantas (Menguel & Kirkby, 1987; Rhoades & Loveday, 1990).

Segundo Epstein (1972) e Menguel & Kirkby (1987), as células do tecido radicular das plantas, sob condições salinas, são impedidas de absorver água do substrato

ou o fazem numa velocidade muito lenta, devido à inibição osmótica imposta pela elevada concentração salina da solução do solo.

Algumas diferenças em relação ao crescimento das plantas, quando se compara um sal com outro, indicam que, além do efeito osmótico, ocorre efeito específico de íon, como reportado por Ryan *et al.* (1975), citados por Souza (1990), que, estudando o efeito de diferentes sais (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) em várias concentrações (50, 100, 150 e 200 meq L<sup>-1</sup>) na germinação de quatro espécies de gramínea, verificaram que a percentagem de germinação foi influenciada tanto pela concentração de sais como pela natureza dos íons da solução salina.

Tayer (1987) afirma, baseado em resultados experimentais e em outras evidências, que a teoria da disponibilidade de água (inibição osmótica) é inválida ou, pelo menos, muito simplista em relação ao que verdadeiramente ocorre. Relata que numa situação de campo, a absorção e acumulação de sais fornecem uma melhor base para explicar os fenômenos de desenvolvimento negativo e positivo que ocorrem sob condições salinas. Também, Kramer (1983) reporta que as injúrias visíveis nos órgãos vegetais, a redução no desenvolvimento e as mudanças internas são mais diretamente relacionadas ao aumento da concentração iônica (sais) interna na planta e à sua composição iônica.

### 2.3.2. Efeito tóxico

De acordo com Smedema & Rycroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de sais na solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo.

Segundo Ayers & Westcot (1991), os problemas de toxicidade normalmente surgem quando certos íons, constituintes do solo ou da água, são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos, em concentrações suficientemente altas (tóxicas) para provocar danos e reduzir seus rendimentos. Para Strogonov (1964), Meiri & Shalhevet (1973), Bernstein (1975), Shannon (1979), Menguel & Kirkby (1987), condições específicas reinantes em solos salinos e ou sódicos podem afetar, notadamente, diferentes processos metabólicos das plantas, como assimilação de CO<sub>2</sub>, fotossíntese, síntese de proteínas, respiração, relações hídricas, reações enzimáticas e conversão de fitohormônios.

Conforme Strogonov (1964), o efeito prejudicial da toxicidade de sais no desenvolvimento das culturas é variável, dependendo do tipo e da concentração de íons envolvidos, bem como, da espécie ou variedade vegetal. Em geral, os danos em culturas sensíveis ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas e clorose na área internerval das folhas e, se a acumulação de íons chegar a ser suficientemente elevada, produz redução significativa nos rendimentos (Ayers & Westcot, 1991).

De acordo com Ayers & Westcot (1991), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, seguido pelo sódio e boro, entretanto, outros elementos podem se tornar tóxicos às plantas, mesmo em concentrações relativamente baixas. Segundo Bernstein (1974), Allison (1964), Bresler *et al.* (1982), Bohn *et al.* (1985), Rhoades & Loveday (1990), íons como sulfato, bicarbonato, carbonato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio, quando em concentrações suficientemente elevadas, são igualmente tóxicos.

Segundo Läuchli & Epstein (1990), problemas de toxicidade em plantas lenhosas podem ocorrer mesmo sob concentrações moderadas de alguns íons. Bernstein (1965) registrou danos severos em folhas de varias frutíferas causados pelo sódio e cloreto; relata que as frutíferas possuem pouca habilidade para excluir sódio e cloreto das folhas e, aliado ao fato de serem culturas perenes, o que lhes confere um longo tempo de exposição, sofrem frequentemente problemas de toxicidade, até mesmo sob condições de salinidade moderada.

Os sintomas de toxicidade também podem ocorrer quando as folhas, ao serem molhadas durante a aplicação de água por aspersão, absorvem íons tóxicos, sendo o sódio e o cloreto os principais íons absorvidos via foliar, e a toxicidade resultante da acumulação desses íons, em conjunto ou separadamente, pode causar problemas para as culturas sensíveis (Ayers & Westcot, 1991).

### **2.3.3. Efeito de natureza nutricional**

Para Epstein & Rains (1987) e Szabolcs (1989), uma característica universal da salinidade é a presença de concentrações altas dos íons sódio e cloreto, na maioria dos

solos afetados por sais. Segundo Läuchli & Epstein (1990), as concentrações desses íons, em relação a outros, podem ser bastante altas, induzindo deficiências de alguns nutrientes que estejam presentes em baixas concentrações.

Altas concentrações de sódio na solução do solo podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, indiretamente, através de seu efeito sobre as características físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos; por exemplo, quando no extrato de saturação do solo há teores apreciáveis de carbonato de sódio, o pH do solo poderá alcançar valores tão altos, como 10, (Gheyi *et al.*, 1991), sendo que, nestas condições, a disponibilidade de vários elementos essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Zn) é reduzida (Brady & Buckman, 1983), influenciando o seu crescimento, não diretamente pelo carbonato de sódio, mas por seu efeito no pH do solo.

De acordo com Rains & Epstein (1967), em ambientes salinos, onde o sódio predomina em relação ao potássio, a exigência nutricional da planta em relação a este nutriente (K) pode ficar prejudicada. Estudos conduzidos por Ball *et al.* (1987), com *Avicennia marina*, mostram que, apesar desta espécie possuir um alto grau de seletividade e mecanismo de transporte de K, ainda assim, pode mostrar evidências de deficiência potássica induzida pela salinidade.

Segundo Fageria (1989), através de resultados obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em relação aos teores de P, K e Na, em 11 cultivares de arroz, sob vários níveis de salinidade, os teores de P e de K na parte aérea das plantas diminuíram com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto o teor de Na aumentou, com reflexos negativos sobre a produção. Estes resultados mostram que o desbalanço nutricional é uma das razões para diminuição da produção em solos salinos.

Bernstein & Hayward (1958) observaram que o feijão e algumas variedades de cenoura podem restringir a absorção de potássio quando as concentrações de cálcio são elevadas. Bernstein (1964) verificou que o milho requer um nível elevado de cálcio, sob condições salinas, para uma adequada nutrição desse elemento.

Ansari *et al.* (1978), utilizando duas cultivares de trigo, verificaram aumento dos teores de fósforo e sódio na matéria seca, com aumento da concentração salina, enquanto diminuíam os teores de potássio e cálcio.

Estudos realizados por Epstein (1961), Läuchli & Epstein (1970) e por Kramer *et al.* (1988) demonstraram que íons de sódio geralmente causam distúrbios na nutrição de cálcio; concentrações altas de sódio no meio, em relação a cálcio, tendem a ser danosas; desordens nutricionais que envolvem outros elementos podem estar relacionadas aos efeitos de salinidade sobre o transporte e metabolismo de cálcio; quando são altas as concentrações externas de cálcio, os efeitos da salinidade podem ser amenizados; concentrações inadequadas de cálcio podem afetar negativamente as funções da membrana e o crescimento da planta, em questão de minutos. Os efeitos variam com os genótipos.

O excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, devido à precipitação ou inibição (por exemplo, excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela reduzida disponibilidade do elemento precipitado e não pelo excesso do íon considerado (Gheyi *et al.*, 1991).

De acordo com Kalkafi (1984), existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir absorção de cloreto pela planta. Por outro lado, o nitrogênio amoniacal reduz os teores de cálcio e magnésio na planta, diminuindo a permeabilidade seletiva da membrana radicular e proporcionando aumento na absorção de cloreto, quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio.

#### **2.4. Tolerância das plantas à salinidade**

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Essa diferença deve-se a melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que lhes permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Tal capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo no nível tolerado pelas plantas (Ayers & Westcot, 1991).

Segundo Maas (1990), a tolerância das culturas ao estresse salino pode ser definida, em nível de produção comercial, como a capacidade da planta de suportar os

efeitos do excesso de sais presentes na solução do solo, sem haver perdas significativas de seus rendimentos, quando comparados aos rendimentos obtidos sob condições não salinas.

Dada a grande variabilidade de comportamento existente entre as culturas, em relação aos limites de tolerância à salinidade, a adequabilidade da água é bastante influenciada, variando, desde as classes que se adequam para irrigação de culturas bastante tolerantes a sais, como o algodão, até aquelas que podem não se adequar para culturas muito sensíveis, como as hortaliças e espécies frutíferas, em geral. Dentro de uma mesma espécie, pode haver variações entre variedades, por adaptação ao meio onde se desenvolveram e, ainda, para uma mesma variedade, o nível de tolerância pode variar entre estádios de desenvolvimento (Maas & Hoffmann, 1977; Maas, 1986).

Segundo Ayers & Westcot (1985), a tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 e 10 vezes a tolerância de outras. A amplitude dessa tolerância relativa permite maior uso das águas de salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas consideradas adequadas para irrigação.

De acordo com Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984), praticamente todas as culturas podem alcançar seu potencial máximo de rendimento quando a água de irrigação tem salinidade menor que  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Portanto, as águas com este nível de salinidade não têm nenhuma restrição de uso. Com a água de restrição ligeira a moderada ( $0,7\text{-}3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), todavia, pode-se obter o máximo de potencial quando se mantiver a salinidade do solo dentro dos níveis de tolerância das culturas, por meio da lixiviação. Nos casos de culturas sensíveis e de águas de salinidade elevada, satisfazer uma necessidade de lixiviação acima de 25 ou 30 % não é realmente prático, devido à quantidade excessivamente grande de água de que se necessitaria. Nestes casos, deve-se considerar a alternativa de selecionar uma cultura de maior tolerância, que, conseqüentemente, requeira fração de lixiviação menor.

Existem duas maneiras de se minimizar os problemas decorrentes da salinidade: a) adotar práticas adequadas de manejo de solo e água para evitar ou reduzir ao máximo o acúmulo de sais no perfil do solo, e com isso proteger as plantas, ou seja, melhorar o solo para a adaptação das plantas; e b) selecionar adequadamente as espécies e cultivares que possam produzir economicamente sob condições salinas, isto é, melhorar as plantas visando a sua adaptação ao solo.

Sob determinadas circunstâncias, entretanto, em que a água disponível para irrigação é salina, a profundidade do lençol freático é rasa, a infiltração do solo é deficiente e a drenagem não pode ser melhorada o suficiente para se evitar a acumulação de sais no solo, torna-se difícil ou antieconômico manter um nível de salinidade aceitável para a cultura em exploração. Neste caso, a única alternativa viável para o manejo bem sucedido de solos afetados por sais é a seleção criteriosa de culturas que sejam, ao mesmo tempo, mais tolerantes à salinidade, assim como, possam produzir economicamente (Richards, 1954; Bernstein, 1958; Carter, 1975; Follett *et al.*, 1981; Fageria *et al.*, 1981; Dahiva *et al.*, 1983; Maas, 1984; Fageria, 1984; Fageria, 1989; Ayers e Westcot, 1991).

Segundo Richards (1954), a tolerância de uma espécie ou cultivar à salinidade pode ser avaliada de três maneiras:

a) A tolerância pode ser considerada como a capacidade de sobrevivência da planta sob condições de elevada concentração salina. Uma espécie cultivada em solo com alta concentração de sais pode crescer pouco ou não crescer, embora permaneça viva. Assim, a capacidade de sobrevivência de uma planta, quando submetida a aumentos crescentes de sais, é uma medida de tolerância à salinidade;

b) A tolerância à salinidade pode ser considerada do ponto de vista da capacidade produtiva da planta, quando sujeita a um dado nível de salinidade. Por exemplo, algumas cultivares de uma mesma espécie podem ser testadas em um solo contendo um certo nível de salinidade, sendo considerada como a mais tolerante a cultivar mais produtiva. Este critério é largamente utilizado pelos pesquisadores, pela sua importância agronômica, para comparar o comportamento de cultivares de uma mesma espécie;

c) Compara-se o comportamento, em termos de produção relativa, de uma planta ou cultivar submetida a um certo nível de salinidade com o seu comportamento em solo não salino. Neste caso, a tolerância pode ser avaliada em relação ao baixo, médio e alto níveis de salinidade. Este é o método mais criterioso porque a comparação entre espécies é avaliada conforme potencial inerente de cada cultivar.

### 2.4.1. Mecanismos de tolerância

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode atingir até cerca de  $15 \text{ g L}^{-1}$  de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto de sódio em altas taxas e o acumulam em suas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo. Este ajuste osmótico se dá com o acúmulo dos íons absorvidos nos vacúolos das células das folhas, mantendo a concentração salina no citoplasma em baixos níveis de modo que não haja interferência com os mecanismos enzimáticos e metabólicos e com a hidratação de proteínas das células (Lima, 1997). Esta compartimentação do sal é que permite, segundo Läuchi & Epstein (1984), às plantas halófitas viverem em ambiente salino.

Para esse ajuste osmótico, não há fluxo de um compartimento para outro, através da membrana que separa o citoplasma e o vacúolo, mesmo que haja elevado gradiente de concentração. O ajuste osmótico é obtido por substâncias compatíveis com as enzimas e os metabólitos ali presentes. Esses solutos são, na maioria, orgânicos como compostos nitrogenados e, em algumas plantas, açúcares como o sorbitol (Läuchi & Epstein, 1984).

As plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico descrito e sofrem com decréscimo de turgor, levando-as ao estresse hídrico por osmose (Bernstein, 1974).

Plantas muito sensíveis à salinidade também absorvem água do solo, juntamente com os sais, causando toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Esse excesso promove desbalanceamentos e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de íons (Bernstein, 1974).

Na medida em que aumenta a concentração salina da solução do solo, aumenta a sua pressão osmótica, chegando a um momento em que as raízes das plantas não têm a força de sucção necessária para vencer essa pressão osmótica, e, em consequência,

não absorvem mais água do solo. É por isso que o caráter de halofitismo deve-se a adaptações morfológicas ou fisiológicas das plantas, que lhes permitem absorver água de soluções com elevada pressão osmótica (Pizarro, 1985).

Segundo Maas & Nieman (1978), o princípio de tolerância das plantas à salinidade está fundamentado em mecanismos de adaptação de natureza morfológica e fisiológica.

#### **2.4.1.1. Mecanismo morfológico**

Na medida em que a concentração salina aumenta acima de um limite tolerável, a taxa de crescimento e o tamanho final da maioria das espécies de plantas diminuem progressivamente (Maas & Hoffmann, 1977). Assim, um dos principais efeitos negativos da salinidade é, sem dúvida, o aumento da resistência à absorção de água pelas raízes das plantas (Hayward & Spurr, 1944).

Por outro lado, o mais evidente mecanismo da tolerância à salinidade é a adaptação morfológica das plantas. Portanto, nas espécies tolerantes ocorrem alterações morfológicas e anatômicas para superar a deficiência hídrica. A mudança de estrutura inclui redução do tamanho e número de folhas, diminuição do número de estômatos e alteração na sua distribuição nas folhas, aumento na grossura da cutícula foliar e diminuição da diferenciação e do desenvolvimento do tecido vascular (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1984; Fageria, 1989).

Além do mais, a salinidade frequentemente inibe menos o crescimento das raízes do que o da parte aérea, resultando numa maior relação raiz / parte aérea (Eaton, 1942; Bernstein & Pearson, 1954; Meiri & Poljakoff-Mayber, 1970; Maas *et al.*, 1972; Maas & Hoffmann, 1977; Shannon, 1979; Fageria, 1984; Fageria, 1989). Com isso, a planta aumenta a capacidade de absorção de água e diminui a taxa de transpiração (Fageria, 1984; Fageria, 1989). Viana (2000) constatou que o crescimento absoluto da parte aérea da alface diminuiu linearmente com o aumento da salinidade. No entanto, Amorim (1994), Marinho (1996) e Souza (1999), trabalhando com diferentes espécies vegetais, verificaram maior sensibilidade do sistema radicular.

Portanto, nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade (Maas & Hoffmann, 1977) e os efeitos variam tanto de espécie para espécie como de cultivar para cultivar (Fageria, 1984; Fageria, 1989).

#### **2.4.1.2. Mecanismo fisiológico**

A seleção baseada nos parâmetros fisiológicos pode resultar em maior sucesso na obtenção de genótipos tolerantes à salinidade. Alguns trabalhos de revisão publicados neste sentido (Läuchli & Epstein, 1990; Noble & Rogers, 1992) mostram que vários mecanismos de tolerância são envolvidos. Ainda mais, a importância relativa de muitos mecanismos varia entre espécies de plantas (Rush & Epstein, 1981) e entre cultivares da mesma espécie (Yeo & Flowers, 1983). A acumulação e exclusão de íons, bem como o ajustamento osmótico, são os parâmetros fisiológicos mais importantes.

As halófitas acumulam certos íons inorgânicos em altas concentrações e se utilizam deles para manter o potencial osmótico de tecidos abaixo do potencial hídrico externo. Em muitas aloicofíticas, a diferença entre cultivares tolerantes à salinidade é associada ao baixo teor de absorção e à acumulação de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$  em toda a planta ou na parte aérea. Neste caso, a tolerância é relacionada ao mecanismo de exclusão de íons. Läuchli (1984) observou que a maioria das leguminosas responde à salinidade pela exclusão de sais das folhas. Tolerância à salinidade em soja, alfafa e trigo é também relacionada à exclusão de  $\text{Na}^+$  e/ou  $\text{Cl}^-$  da parte aérea (Noble & Rogers, 1992). Assim, a seleção destas espécies com base de exclusão de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$  pode ser um bom critério.

As plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico, envolvendo tanto a absorção e a acumulação de íons como a síntese de solutos orgânicos. Embora estes dois mecanismos tenham sido usados como base de classificação de halófitas (Waisel, 1972), eles geralmente operam juntos. O mecanismo dominante varia entre espécies de planta e, em alguns casos, entre partes da planta (Fageria & Gheyi, 1997).

A contribuição relativa de vários íons no ajustamento osmótico depende do mecanismo regulador do transporte de íons, como permeabilidade da membrana, cinética de transporte, energia e seletividade. A taxa de absorção é variável de íon para íon e, por isso, influencia o balanço iônico na planta. O  $\text{Cl}^-$  contribui bem mais para o ajustamento

osmótico que o  $\text{SO}_4^{2-}$ . Quando a salinidade consiste predominantemente de cátions monovalentes e ânions bivalentes, como  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , a taxa de absorção de cátions é maior que a de ânions. Nesta situação, o balanço iônico é alcançado através da síntese e da acumulação de ácidos orgânicos (Maas & Nieman, 1978).

Segundo Fageria & Gheyi (1997), é possível que o mecanismo mais importante para regular o potencial osmótico seja a absorção seletiva de íons. Plantas tolerantes possuem capacidade de adquirir nutrientes essenciais na solução salina em que a concentração de íons não-essenciais (tóxicos) é muito maior que a de íons essenciais. Por exemplo, a concentração de  $\text{Na}^+$ , em solução de solos salinos, é maior que a de  $\text{K}^+$ ; entretanto, a relação Na/K em plantas que crescem neste tipo de solo é aproximadamente um ou menos. Esta alta especificidade para absorção de  $\text{K}^+$  está presente em várias espécies de plantas (Pitman, 1970, citado por Fageria & Gheyi, 1997).

Entre as halofíticas, classe de eualofíticas, as plantas se ajustam ao ambiente salino pela acumulação de uma grande quantidade de sal, geralmente NaCl (Waisel, 1972). Estas plantas possuem mecanismo de adaptação para alta concentração de sais pelo aumento de suculência (exemplo: *Salicornia herbacea*), pelo acúmulo em partes menos sensíveis (exemplo: *Atriplex sp*), pela secreção do excesso de sais de seus órgãos (exemplo: *Spartina alterniflora*) ou por várias combinações destes mecanismos (Fageria & Gheyi, 1997).

De acordo com Läuchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume das células. Conforme os autores, as reduções da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para a adaptação das culturas à salinidade.

Segundo Läuchli & Epstein (1990), a redução da área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem a níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha.

## **2.5. Salinidade em cajueiro anão-precoce**

Santos & Meireles (1997) avaliando o efeito da qualidade da água de irrigação sobre a germinação, em viveiro, de dois clones (CCP06 e CCP1001) de cajueiro

anão-precoce, com seis diferentes níveis de salinidade – 0,30 (N<sub>1</sub>); 0,43 (N<sub>2</sub>); 0,62 (N<sub>3</sub>); 1,32 (N<sub>4</sub>); 1,97 (N<sub>5</sub>) e 2,60 (N<sub>6</sub>) dS m<sup>-1</sup>, sendo os cinco de maior salinidade produzidos adicionando-se os sais NaCl e CaCl<sub>2</sub> no nível N<sub>1</sub>, na proporção de 1:1 (com base em peso); como recipientes utilizaram sacos de polietileno com capacidade para 4,95 L preenchidos com um substrato constituído de uma mistura de 2 partes de areia quartzosa + 1 parte de solo hidromórfico, sendo cada vaso irrigado diariamente com 240 mL da água salinizada, e observaram os tratamentos envolvendo condutividade elétrica de até 1,32 e 1,97 dS m<sup>-1</sup> não induziram acréscimo significativo no número de dias para germinação nem redução significativa na percentagem de germinação, respectivamente.

Utilizando-se dos clones CCP06 e CCP1001 como porta-enxertos (avaliações aos 30 e 60 dias após a sementeira) e do clone CCP76 como enxerto, Meireles (1999) estudou o efeito da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce, em seis qualidades de águas de irrigação – 0,26 (A<sub>1</sub>); 0,43 (A<sub>2</sub>); 0,96 (A<sub>3</sub>); 1,28 (A<sub>4</sub>); 2,04 (A<sub>5</sub>) e 2,63 (A<sub>6</sub>) dS m<sup>-1</sup>, sendo as cinco de maior salinidade preparadas adicionando-se na proporção de peso de 1:1 os sais NaCl e CaCl<sub>2</sub> à água A<sub>1</sub>; aquele autor usou sacos de polietileno com capacidade para 4,95 L preenchidos com um substrato composto de 2 partes de terra superficial arenosa (areias quartzosas) + 1 parte de terra hidromórfica preta, irrigando diariamente, com 240 mL/saco das respectivas águas, e constatou: a) os níveis de salinidade de 2,04 e 2,63 dS m<sup>-1</sup> aumentaram os dias para germinação e reduziram a percentagem de germinação de forma significativa para os dois porta-enxertos; b) no desenvolvimento dos porta-enxertos, o clone CCP06 teve um melhor desempenho para as variáveis diâmetro do caule, altura da plântula e número de folhas, quando irrigado com os níveis de salinidades mais altos (2,04 e 2,63 dS m<sup>-1</sup>); c) nos clones CCP06 e CCP1001, o desenvolvimento do enxerto foi afetado somente quando a salinidade da água de irrigação foi de 2,04 dS m<sup>-1</sup> ou superior. A salinidade de 2,63 dS m<sup>-1</sup> não permitiu o desenvolvimento do enxerto nos dois clones usados como porta-enxerto.

Foi, ainda, observado pelo autor supra citado, que as mudas desenvolvidas sobre o clone CCP06, quando irrigadas com água de 2,04 dS m<sup>-1</sup>, apresentaram maiores valores de altura de plântula, número de folhas, peso da matéria seca da raiz e parte aérea, em comparação com o clone CCP1001, em que houve redução brusca dessas características. Com o aumento da salinidade da água de irrigação, verificou-se também, um incremento nos teores de cloreto e sódio, sendo o acúmulo maior na parte aérea do que

nas raízes. Houve, também, redução nos teores de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), sendo o clone CCP1001 mais sensível do que o clone CCP06. No clone CCP06 esse efeito foi observado quando a salinidade da água de irrigação foi de 2,04 dS m<sup>-1</sup>, enquanto que no clone CCP1001 isso aconteceu a partir de 1,28 dS m<sup>-1</sup>.

Ferreira *et al.* (2000), avaliando a tolerância inicial do cajueiro ao estresse salino através de índices de crescimento, aos 38 dias após a sementeira, utilizando sementes de 10 genótipos, sendo 06 provenientes de clones comerciais do tipo anão-precoce (CCP06, CCP09, CCP76, CCP1001, EMBRAPA50 e EMBRAPA51) e 04 do tipo comum (CP46, CP95, CP96 e “comum”), irrigadas com solução de 50 mol m<sup>-3</sup> de NaCl (CEa  $\cong$  5 dS m<sup>-1</sup>), observaram: a) a massa total das plantas teve baixa variação entre os 10 genótipos, tanto em termos de valores absolutos (g/planta), como expresso na base de porcentagem do controle (plantas crescidas sem estresse salino); b) os clones comerciais tiveram maior massa de raiz em relação aos cajueiros do tipo comum os quais produziram maior massa de folhas; c) dentre os clones, EMBRAPA50 e EMBRAPA51 foram mais afetados pela salinidade em termos de redução no crescimento das folhas; d) a massa de raízes foi severamente reduzida pela salinidade nos dois tipos de cajueiro, contudo, os clones comerciais do tipo anão apresentaram menores “decréscimos relativos” (média de 69%) em relação aos cajueiros do tipo comum (média de 81%).

## 2.6. Análise de crescimento e desenvolvimento

A análise quantitativa do crescimento vegetal foi desenvolvida pelos fitofisiólogos da escola inglesa (Watson, 1952 e Blackman, 1968, dentre outros, citados por Magalhães, 1979), sendo considerada, internacionalmente, como o método padrão para a estimativa da produtividade biológica ou produtividade primária das comunidades vegetais.

Segundo Magalhães (1979), a análise de crescimento consiste no método que descreve as condições morfo-fisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, com o intuito de se quantificar o desenvolvimento de um vegetal. De acordo com Benincasa (1988), a análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, podendo, assim, ser muito útil no estudo do comportamento vegetal, sob diferentes condições ambientais e

de cultivo, auxiliando na seleção de cultivares ou espécies que apresentem características funcionais mais apropriadas aos objetivos da pesquisa.

O crescimento de plantas, sob diferentes condições ambientais, pode ser medido por diversas maneiras, tais como, tamanho, número ou massa de seus órgãos. Apesar da complexidade que envolve o crescimento das plantas, a análise de crescimento ainda é um meio acessível e preciso para se avaliar o crescimento e os processos fisiológicos do comportamento vegetal (Whale *et al.*, 1985; Benincasa, 1988).

Segundo Benincasa (1988), a análise de crescimento baseia-se, fundamentalmente, no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, sendo o restante procedente da absorção de nutrientes minerais do solo. Segundo o autor, para a execução da análise de crescimento, torna-se necessária a coleta de dados, através de medidas de diferentes tipos, como comprimento, massa e número de unidades estruturais, realizadas a intervalos de tempo definidos, durante o período de desenvolvimento da cultura.

Métodos para obtenção de dados para fins de análise quantitativa de crescimento de plantas, sob condições normais de cultivo, são em geral simples, consistindo principalmente em medições periódicas de matéria seca e área foliar (Briggs *et al.*, 1920; Radford, 1967). Com os elementos básicos, pode-se estimar índices fisiológicos, tais como taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e índice de área foliar, dentre outros (Kvet *et al.*, 1971).

A taxa de crescimento absoluto ou taxa de crescimento da cultura é a variação ou incremento de material da planta, entre duas amostragens, por unidade de tempo, portanto, expressa a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (Benincasa, 1988).

Segundo Ferri (1985), a taxa de crescimento relativo é uma medida bastante apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. De acordo com Hunt (1982), a taxa de crescimento relativo de uma planta, em um tempo  $t$ , é definida como o aumento do material da planta por unidade de material presente, por unidade de tempo, ou seja, representa a quantidade de material novo produzido em relação ao material pré-existente. Desta forma, o

crescimento dependerá do material existente no início do período e da eficiência da planta na produção de novos produtos fotossintéticos.

De acordo com Magalhães (1979), a taxa de crescimento relativo pode ser chamada de índice de eficiência, uma vez que representa a capacidade da planta em produzir material novo, ou seja, a sua eficiência na conversão de matéria seca.

A razão de área foliar é uma medida da dimensão relativa do aparelho assimilador e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações dos efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais (Ferri, 1985). A razão de área foliar relaciona a área foliar com a matéria seca resultante da fotossíntese, ou seja, expressa a área foliar útil para a fotossíntese. Valores altos de razão de área foliar indicam que os produtos fotoassimilados estão sendo mais utilizados para formação do aparelho fotossintético.

De acordo com Ferri (1985), a taxa de assimilação líquida reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvido na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida. A taxa de assimilação líquida, portanto, expressa à taxa de aumento do crescimento, por unidade de área foliar e por unidade de tempo.

É importante se conhecer a maneira pela qual a matéria orgânica produzida é distribuída pelos órgãos da planta. Um exemplo desta relação alométrica é dado pelo quociente entre a fitomassa das raízes e da parte aérea da planta (R/PA). Esta relação tem grande significado morfogenético, podendo indicar a contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular para o crescimento da parte aérea (Magalhães, 1979). Este índice é muito utilizado em estudos relacionados com estresse hídrico e salino para análise do comportamento da planta sob condições de estresse.

A avaliação do potencial hídrico de uma planta é feita geralmente com base na medição do potencial de água da folha. Uma metodologia relativamente simples para se obter o teor de água de uma folha é descrita por Cairo (1995). Depois de destacada da planta, a folha é imediatamente pesada, obtendo-se o peso fresco; em seguida, após secagem em estufa, a folha é pesada novamente, obtendo-se o peso seco; por diferença entre peso fresco e peso seco, obtém-se o peso da água, o qual é expresso em porcentagem sobre o peso fresco.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização do experimento

O trabalho foi desenvolvido sob condições de casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande – PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude sul, 35°52'28" de longitude oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m, durante o período de novembro de 1999 a março de 2000.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (Coelho & Soncin, 1982), é do tipo "CSa", que representa um clima mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. Os meses de junho e julho são os mais frios com médias inferiores a 20°C (IBGE, 1991). Os dados meteorológicos médios do período de condução do experimento (Novembro/1999 – Março/2000) encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Dados meteorológicos da estação do INMET (CNPQ-EMBRAPA) de Campina Grande referentes ao período do experimento (Novembro/1999 – Março/2000).

Mês	Ano	Dados meteorológicos						
		Temperatura			Precipitação	Evaporação	Umidade	Insolação
		T <sub>máxima</sub>	T <sub>mínima</sub>	T <sub>média</sub>	média	média	Relativa	total
		°C			mm		%	h
Nov	99	30,9	20,9	24,5	0,3	"	66,0	279,5
Dez	99	29,9	21,3	24,4	21,8	175,4	71,0	232,5
Jan	00	29,8	21,2	24,3	78,4	130,5	75,0	242,0
Fev	00	30,2	21,4	24,7	153,9	124,6	74,0	212,9
Mar	00	29,9	21,6	24,7	63,4	128,4	75,0	243,1

Fonte: INMET (2000).

" Não disponível.

### 3.2. Material de solo

O material de solo utilizado para o preparo do substrato e para o enchimento dos vasos foi proveniente de um solo franco arenoso, não salino, cujas características químicas constam na Tabela 5 e as físico-hídricas na Tabela 6 e Figura 1. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Campina Grande – PB, de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954) e pela EMBRAPA (1979). Os teores de umidade para determinação da curva de retenção de água no solo, apresentados na figura supra citada, foram ajustados conforme Van Genuchten (1980).

Tabela 5. Características químicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas		Valor
Complexo sorativo cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Cálcio	0,38
	Magnésio	0,74
	Sódio	0,20
	Potássio	0,06
	Hidrogênio	2,12
	Alumínio	0,60
	Soma de bases (S)	1,38
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	4,1
Saturação de bases (V), %		33,66
Percentagem de sódio trocável (PST)		4,88
Carbonato de cálcio qualitativo		Ausente
Carbono orgânico, g kg <sup>-1</sup>		3,5
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup>		6,0
Fósforo assimilável, mg kg <sup>-1</sup>		1,9
pH em água (1:2,5)		4,80
Condutividade elétrica da suspensão solo-água (1:2,5), dS m <sup>-1</sup>		0,14
pH do extrato de saturação		4,54
Condutividade elétrica do extrato de saturação, dS m <sup>-1</sup>		0,50
Extrato de saturação mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Cloreto	2,25
	Carbonato	0,00
	Bicarbonato	0,50
	Sulfato	Ausente
	Cálcio	0,62
	Magnésio	3,00
	Potássio	0,20
	Sódio	2,47
Percentagem de saturação g kg <sup>-1</sup>		18,77
Relação de adsorção de sódio, (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>		1,84
Classificação em relação à salinidade		Não salino, não sódico

Tabela 6. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características físico-hídricas		Valor
Granulometria g kg <sup>-1</sup>	Areia	635,0
	Silte	198,2
	Argila	166,8
Classificação textural		Franco arenoso
Densidade aparente, g cm <sup>-3</sup>		1,37
Densidade real, g cm <sup>-3</sup>		2,68
Porosidade %		48,9
Umidade % (gravimétrica) à tensão (kPa)	Natural	0,50
	10,13 (capacidade de campo)	8,72
	20,27	7,73
	33,44	6,80
	50,66	5,33
	101,33	4,33
	202,65	4,31
	506,63	3,44
	1013,25	3,11
	1519,88 (ponto de murcha)	2,73
Água disponível (%)		5,99

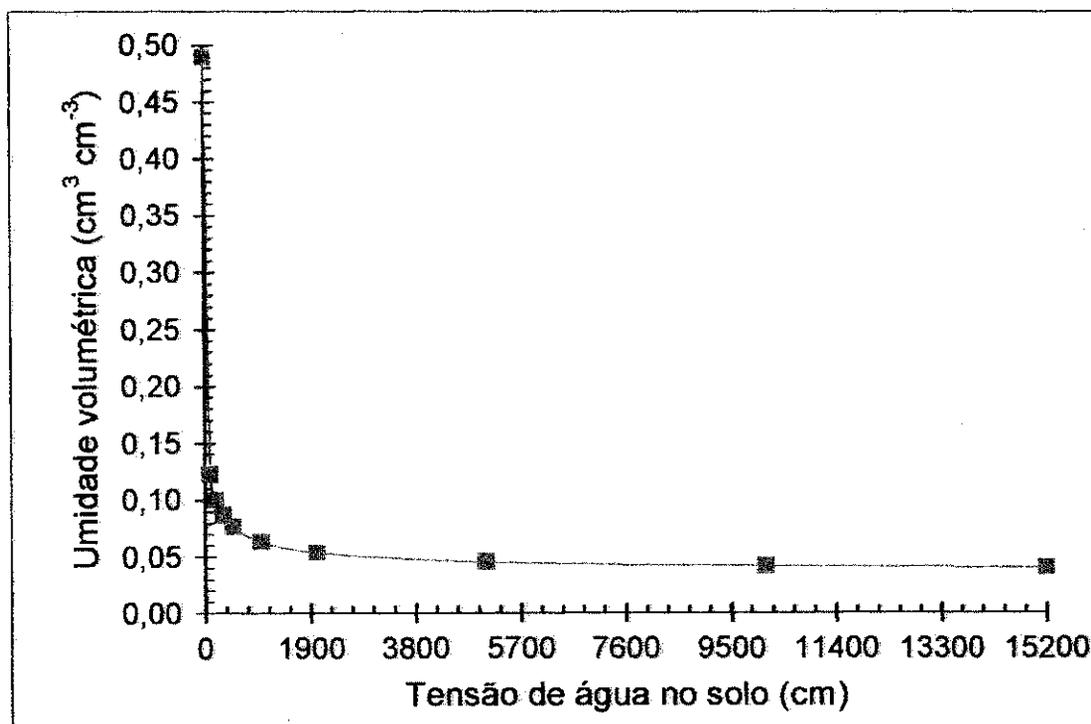


Figura 1. Curva de retenção de água no solo.

### 3.3. Preparo das águas de irrigação

No preparo das águas de irrigação foi utilizada a relação entre CEa e concentração ( $\text{meq L}^{-1} = \text{CEa} \cdot 10$ ), extraída de Rhoades *et al.* (1992), sendo válida para CEa entre 0,1 a 5  $\text{dS m}^{-1}$ .

As águas foram preparadas a partir dos sais NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , utilizando-se água do sistema de abastecimento local (açude de Boqueirão), devidamente diluída com água destilada e acrescida dos sais de acordo com os tratamentos. A quantidade de cada componente utilizado no preparo das águas de irrigação (NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , água do sistema de abastecimento e água destilada) foi determinada de forma a se obter a CEa do respectivo tratamento, considerando a proporção equivalente 7:2:1 para Na:Ca:Mg, respectivamente. Para tanto, foram levadas em consideração as quantidades desses elementos presentes na água do sistema de abastecimento. A diluição com água destilada, específica para cada tratamento salino, foi necessária para que se conseguisse a equivalência desejada de Na:Ca:Mg. A escolha destes sais e a proporcionalidade usada basearam-se em resultados obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992) em fontes de água localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. No Apêndice 1, consta a seqüência de cálculos utilizada no preparo das águas salinizadas.

Os resultados das análises químicas da água do sistema de abastecimento (açude de Boqueirão), realizadas conforme as metodologias descritas por Richards (1954), estão apresentados na Tabela 7; enquanto que as quantidades de cada componente utilizada no preparo das águas de irrigação constam na Tabela 8.

Tabela 7. Análise química da água do sistema de abastecimento – CAGEPA (Boqueirão).

Cátions	Valor	Anions	Valor
$\text{Ca}^{++}$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	2,43	$\text{Cl}^-$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	8,78
$\text{Mg}^{++}$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	3,30	$\text{HCO}_3^-$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	2,26
$\text{Na}^+$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	6,73	$\text{CO}_3^{--}$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	0,00
$\text{K}^+$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	0,20	$\text{SO}_4^{--}$ ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	0,00
$\Sigma$ cátions ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	12,66	$\Sigma$ ânions ( $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$ )	11,04
pH	7,78	RAS ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) <sup>0,5</sup>	3,98
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) a 25°C	1,16		

Tabela 8. Quantidades de sais e água utilizadas no preparo das soluções de irrigação.

CEa (dS m <sup>-1</sup> )	NaCl 1N	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O 1N	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O 1N	Água destilada	Água de Boqueirão
	(mL L <sup>-1</sup> de água de irrigação)				
0,7	3,55	0,91	0,04	796,40	199,10
1,4	7,56	1,99	0,30	660,10	330,05
2,1	11,33	2,98	0,45	492,62	492,62
2,8	16,23	4,38	1,15	489,12	489,12

### 3.4. Tratamentos

Os tratamentos consistiram em quatro níveis de salinidade da água de irrigação (S), denominados S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, correspondendo às condutividades elétricas de 0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m<sup>-1</sup> a 25<sup>o</sup>C, testadas em cinco clones de cajueiro anão-precoce (C), denominados C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>, em esquema fatorial 5x4. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Cada parcela foi formada por cinco plantas (total de 400 plantas), sendo estas avaliadas aos 50 e 100 dias após o plantio.

### 3.5. Material genético

Foram usadas sementes dos clones comerciais CCP06 (C<sub>1</sub>), CCP09 (C<sub>2</sub>), EMBRAPA50 (C<sub>3</sub>), EMBRAPA51 (C<sub>4</sub>) e CCP1001 (C<sub>5</sub>), safra de 1999, fornecidas pela EMBRAPA – Agroindústria Tropical, provenientes do Campo Experimental localizado em Pacajus-CE. O pedúnculo do clone CCP06 tem coloração amarela, peso médio de 122 g, e a castanha com peso médio de 6,5 g; CCP09 tem pedúnculo de cor vermelho-alaranjada, com peso médio da castanha de 7,8 g; EMBRAPA50 tem pedúnculo de coloração amarela, com peso médio de 125 g, e a castanha com peso médio de 10 g; EMBRAPA51 caracteriza-se por apresentar peso médio do pedúnculo de 120 g, coloração vermelha, com peso da castanha de 10,3 g; e CCP1001 tem pedúnculo vermelho, com peso médio de 96 g, e a castanha em torno de 7,2 g (Ramos *et al.*, 1996; Meireles, 1999).

### 3.6. Instalação e condução do experimento

No estudo foram utilizados vasos plásticos com dimensões de 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro, perfurados na parte inferior para permitir a drenagem. Os recipientes foram preenchidos com 2,1 kg de substrato composto de 29 partes de solo

“franco arenoso” + 1 parte de húmus de minhoca, com base em peso. O substrato utilizado passou por um processo de desinfecção e desinfestação com ‘brometo de metila’ na dose recomendada pelo fabricante, ou seja, 150 mL m<sup>-3</sup> de solo. O período de tratamento foi de uma semana.

Devido ao baixo pH do solo (pH em água de 4,54), realizou-se calagem mediante o método de saturação de bases, elevando-se a percentagem de saturação de bases (33,66%) para 70% (Osaki, 1991; van Raij et al., 1985). Para isto, estimou-se a quantidade de carbonato de cálcio necessária pelo referido método e a partir daí, calculou-se a equivalência em termos de hidróxido de cálcio, que foi o corretivo utilizado, em função de sua maior reatividade, além do fato de não ser necessário adicionar mais magnésio, uma vez que a percentagem de saturação deste elemento no material de solo original já era de 18% da CTC potencial do solo (CTC a pH 7,0). A dose do produto utilizado (cal hidratada) foi de 0,65g kg<sup>-1</sup> de solo, levando-se em consideração a pureza do produto (85%).

Além da calagem foi realizada adubação de manutenção ou fundação para fósforo, conforme recomendação da EMBRAPA-CNPAT (1993), de 5,0 kg de superfosfato simples m<sup>-3</sup> do substrato. Assim, cada vaso, contendo 2,1 kg de substrato, recebeu 7,66 g de superfosfato simples, correspondendo a 1,38 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Foram feitas, ainda, duas aplicações de 50 mL por vaso de uma solução contendo 1,0 g do fertilizante Poly-Feed-DRIP<sup>1</sup> L<sup>-1</sup>, aos 71 e 74 dias após o plantio (DAP).

Após o enchimento dos vasos, o substrato sofreu três lavagens, sendo as duas primeiras com aplicações de 1,0 L de água do sistema de abastecimento local (açude de Boqueirão – CE de 1,16 dS m<sup>-1</sup>) e a última com 0,5 L de água destilada, visando à redução da salinidade do substrato. A partir daí, os vasos foram irrigados com as águas dos respectivos tratamentos.

Previamente ao plantio, as castanhas foram submetidas a choque térmico para uniformização da germinação, ficando submersas em água, inicialmente à temperatura de 40°C, por um período de 24 horas, voltando paulatinamente às condições ambientais. Após o período de pré-embebição, as castanhas foram desinfestadas com ‘Benlate’, na dosagem de 200 g do produto para 100 g de sementes, visando prevenir problemas

---

<sup>1</sup> Fertilizante utilizado em Fertilização fabricado pela empresa Haifa Chemical Ltda. Composição: Nitrogênio total (N) – 19% (Nitrato – 5,5%, Amônia – 3,5%, Uréia – 10%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 19%, K<sub>2</sub>O – 19%, Fe – 100ppm; Mn – 500ppm; B – 200ppm; Zn – 150ppm; Mo – 70ppm.

fitossanitários no desenvolvimento inicial das plântulas, conforme sugerido pela EMBRAPA-CNPAT (1993). O plantio foi realizado no dia 17 de novembro de 1999, utilizando-se uma castanha por vaso, inserida na posição vertical, com o arilo voltado para cima (ponto de inserção da castanha ao pedúnculo), na profundidade de aproximadamente 3 cm (EMBRAPA-CNPAT, 1993).

Para diminuir o efeito da variação ambiental, foi realizado, quinzenalmente, por meio de sorteio dos tratamentos, o deslocamento dos vasos dentro de cada bloco.

Após o plantio efetuou-se irrigação, utilizando-se de águas com condutividade elétrica correspondente aos tratamentos (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m<sup>-1</sup> a 25°C), sendo aplicados 300 mL por vaso, em dias alternados, até 64 dias após o plantio. A partir daí, a irrigação foi efetuada a cada três dias. Visando o monitoramento da água de drenagem e a estimativa do consumo de água pelas plantas, a partir dos 67 dias do plantio, foram adotados volumes de irrigação (VI) diferenciados para cada tratamento salino, em função da demanda evapotranspirométrica, sendo esta avaliada em duas repetições, através da diferença dos volumes aplicado e drenado. Assim, o volume de irrigação a ser aplicado foi calculado com base no volume evapotranspirado, dividindo-se a diferença por “0,8”, de maneira a restabelecer a umidade à capacidade de campo e se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 20%. A irrigação nas outras repetições do experimento foi realizada através da média observada em cada tratamento nos dois blocos monitorados. Os volumes de irrigação foram estimados a partir da seguinte equação:

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - 0,2)} \quad (\text{mL}) \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

*VA* – volume aplicado;

*VD* – volume drenado.

### **3.7. Variáveis analisadas**

#### **3.7.1. Germinação**

Diariamente, foi feita a avaliação da germinação mediante contagem do número de sementes germinadas, tendo como critério a emergência do epicótilo na

superfície do vaso. Foram avaliados o número de dias para as sementes germinar (tempo de germinação) e o número de castanhas germinadas em relação ao número de castanhas plantadas (% de germinação). Como a salinidade normalmente atrasa a germinação, não foi pré-estabelecido neste trabalho um período de avaliação, ao contrário de Santos & Meireles (1997) e Meireles (1999) que adotaram um tempo máximo de 25 dias para observação da germinação.

### **3.7.2. Avaliação do crescimento e desenvolvimento da cultura**

O crescimento e desenvolvimento inicial do cajueiro anão-precoce sob condições de estresse salino foi avaliado aos 50 e 100 dias após o plantio, conforme comentado no item 3.4. Na seleção das mudas para a primeira época de avaliação (após 50 dias do plantio), adotou-se o seguinte procedimento: coletou-se duas mudas por parcela quando esta apresentava no mínimo quatro plantas, selecionando-se a maior e a menor; quando a parcela apresentava três plantas, utilizou-se a intermediária; quando a parcela apresentava duas plantas, coletou-se a menor; e quando a parcela apresentava apenas uma planta, esta não foi coletada, sendo a análise efetuada com os dados das outras repetições do respectivo tratamento. Na segunda época de avaliação (após 100 dias do plantio), foram utilizadas todas as plantas restantes de cada unidade experimental.

#### **3.7.2.1. Índices de crescimento**

##### **3.7.2.1.1. Altura de planta e número de folhas**

A altura da planta foi mensurada da inserção dos cotilédones até a base da folha mais jovem. Na contagem das folhas, foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm, em função do diâmetro mínimo dos discos a serem coletados para determinação da área foliar. Meireles (1999) utilizou, como critério de avaliação do número de folhas, as que apresentavam comprimento mínimo de 5,0 cm.

##### **3.7.2.1.2. Área foliar**

A área foliar (AF) foi calculada multiplicando-se o comprimento da folha pela sua largura máxima e pelo fator de ajuste "F", como indica a equação a seguir:

$$AF = (C \times L) f \quad (\text{cm}^2) \quad (\text{eq. 2})$$

em que:

$C$  – comprimento da folha (cm);

$L$  – largura máxima da folha (cm);

$f$  – fator de ajuste.

O valor do fator “ $f$ ” foi considerado igual a 0,6544, obtido com base da relação entre a área foliar calculada, em função do peso de matéria seca e área conhecida de discos retirados de todas as folhas, e a área foliar estimada, obtida através do produto entre o comprimento e a maior largura da folha, para cada planta, em dois blocos. Os discos foram retirados de várias partes da folha, alguns abrangendo a nervura principal, em número representativo do limbo foliar, utilizando-se de cilindros de 9,0 e 13,0 mm de diâmetro, obtendo-se também a fitomassa seca do restante da folha.

### **3.7.2.1.3. Fitomassa**

Aos 50 e 100 dias do plantio foram coletadas plantas para determinação das fitomassas secas de raízes (FSR), da parte aérea (FSPA) e total (FST). As raízes foram separadas do solo por lavagem sobre tela de malha de 2,0 mm. Depois de coletadas, tanto a parte aérea como as raízes foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados, e levados à estufa com ventilação forçada de ar a 65°C, até peso constante.

### **3.7.2.2. Índices fisiológicos**

#### **3.7.2.2.1. Taxa de crescimento absoluto**

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi determinada com os dados obtidos aos 50 e 100 DAP a partir da relação entre a diferença de pesos da fitomassa seca total observada nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , isto é, aos 50 e 100 dias, conforme o modelo a seguir, apresentado por Benincasa (1988):

$$TCA = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{mg dia}^{-1}) \quad (\text{eq. 3})$$

onde:

$P_1$  – peso da fitomassa seca total no tempo  $t_1$  (mg);

$P_2$  – peso da fitomassa seca total no tempo  $t_2$  (mg).

### 3.7.2.2.2. Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada para o período de 50 a 100 dias após o plantio (DAP) por meio da relação entre a taxa de crescimento absoluto e a fitomassa seca total da primeira época de avaliação (50 DAP), conforme a equação a seguir, descrita por Medeiros *et al.* (1990):

$$TCR = \frac{TCA}{FST} \quad (\text{mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad (\text{eq. 4})$$

sendo:

$TCA$  – taxa de crescimento absoluto no tempo  $t$  (mg dia<sup>-1</sup>);

$FST$  – fitomassa seca total no tempo  $t_1$  (mg).

### 3.7.2.2.3. Razão de área foliar

A partir dos dados de área foliar e de matéria seca, obtidos em cada avaliação (50 e 100 DAP), determinou-se a razão de área foliar (RAF) entre ambos os períodos, através da relação entre a área foliar e a fitomassa seca total, de acordo com a equação contida em Ferri (1985), a seguir:

$$RAF = \frac{AF}{FST} \quad (\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}) \quad (\text{eq. 5})$$

em que:

$AF$  – área foliar no tempo  $t$  (cm<sup>2</sup>);

$FST$  – fitomassa seca total no tempo  $t$  (g).

#### 3.7.2.2.4. Taxa de assimilação líquida

A taxa de assimilação líquida (TAL) foi determinada também para o período de 50 a 100 dias após o plantio (DAP) através da relação entre a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar, utilizando-se do valor de RAF da primeira avaliação (50 DAP), conforme indica o modelo a seguir, apresentado por Ferri (1985):

$$TAL = \frac{TCR}{RAF} \quad (\text{mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) \quad (\text{eq. 6})$$

onde:

*TCR* – taxa de crescimento relativo no tempo *t* ( $\text{mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

*RAF* – razão de área foliar no tempo *t<sub>t</sub>* ( $\text{cm}^2 \text{ mg}^{-1}$ ).

#### 3.7.2.2.5. Relação raiz/parte aérea

A relação raiz/parte aérea (R/PA) foi calculada em cada avaliação (aos 50 e 100 DAP) pelo quociente entre os valores de fitomassa seca de raízes e da parte aérea da planta, segundo a seguinte equação:

$$R/PA = \frac{FSR}{FSPA} \quad (\text{eq. 7})$$

onde:

*FSR* – fitomassa seca do sistema radicular no tempo *t*;

*FSPA* – fitomassa seca da parte aérea no tempo *t*.

#### 3.7.2.2.6. Teor de água das folhas

O estado hídrico das plantas foi determinado através do teor de água das folhas (TAF), aos 50 e 100 DAP, por diferença entre o peso fresco e o peso seco, expresso em porcentagem sobre o peso fresco. Na obtenção do peso fresco, as folhas foram destacadas da planta e imediatamente pesadas em balança de precisão de 0,0001 g. Assim, o TAF foi calculado de acordo com a equação a seguir, descrita por Cairo (1995):

$$TAF = \frac{PF - PS}{PF} \times 100 \quad (\text{eq. 8})$$

em que:

*PF* – peso fresco das folhas no tempo *t* (g);

*PS* – peso seco das folhas no tempo *t* (g).

### 3.7.3. Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) e evapotranspiração real (ETr)

A condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) e a evapotranspiração real (ETr) foram avaliadas a partir dos 67 dias do plantio, em dois períodos distintos (67-85 e 86-97 DAP). A ETr foi estimada pela equação a seguir, obtida com base no balanço hídrico apresentado em ILRI (1989):

$$ETr = \frac{(VA - VD)}{S} \quad (\text{mm}) \quad (\text{eq. 10})$$

sendo:

*VA* – volume de água aplicado (L);

*VD* – volume de água drenado (L);

*S* – área de exposição do vaso (0,0079 m<sup>2</sup>).

### 3.8. Análise do solo

Para a realização das análises de salinidade do solo, no final do experimento, foi retirada uma amostra em cada vaso. As análises constaram de pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25°C, cátions solúveis (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>) e ânions solúveis (Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), de acordo com metodologia proposta por Richards (1954) e pela EMBRAPA (1979).

### 3.9. Análises estatísticas

Os efeitos dos fatores “níveis de salinidade da água de irrigação” e “clones” sobre a germinação, crescimento e desenvolvimento inicial do cajueiro anão-precoce foram

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Germinação**

As análises de variância e as médias observadas para percentagem de germinação (PG) e número de dias para germinação (NDG) estão resumidas na Tabela 9. Verifica-se que a salinidade da água de irrigação não afetou, significativamente, a percentagem de germinação; no entanto, houve diferenças significativas entre os tratamentos salinos, ao nível de 5% de probabilidade, para o número de dias para germinação.

Segundo análise de regressão, o efeito da salinidade sobre o número de dias para germinação foi linear e crescente, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 9). Conforme o modelo matemático obtido (Figura 2), as taxas de “incremento relativo” no número de dias para germinar (comparados a  $S_1$ ) foram de 2,74; 5,44 e 8,19%, para  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ , respectivamente. O percentual de “incremento relativo” por aumento unitário da salinidade da água de irrigação foi de 3,89%.

O fato da salinidade da água de irrigação ter influenciado, significativamente, no número de dias para germinação, pode estar relacionado com a redução do potencial osmótico da solução do solo, causada pelo aumento da concentração de sais solúveis, resultando numa diminuição da disponibilidade de água do solo e, em consequência, contribuindo para um decréscimo na absorção de água pelas sementes (Menguel & Kirkby, 1987; Rhoades & Loveday, 1990).

Na literatura são encontrados alguns trabalhos de pesquisa relacionando desenvolvimento inicial do cajueiro anão-precoce com estresse salino. Santos & Meireles

(1997) e Meireles (1999), trabalhando com dois dos clones também utilizados, neste trabalho (CCP06 e CCP1001), salinizando a água de irrigação com NaCl e CaCl<sub>2</sub>, na proporção de peso de 1:1, constataram diferenças significativas sobre a germinação e o período de germinação em ambos os clones estudados. Santos & Meireles (1997) verificaram acréscimo no número de dias para germinação e redução na percentagem de germinação em níveis de CE acima de 1,32 e 1,97 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Meireles (1999) obteve, igualmente, prolongamento do período de germinação, além de redução do percentual de sementes germinadas, a partir de CEa de 2,63 dS m<sup>-1</sup>.

Para o fator “clones”, verifica-se na Tabela 9, que houve diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade, em ambas as variáveis. O efeito de clones sobre o percentual de germinação e sobre o número de dias para germinação não dependeu do nível de salinidade, pois, não houve efeito significativo para a interação (C x S), indicando que os materiais genéticos estudados apresentaram um comportamento semelhante com relação aos tratamentos salinos.

Santos & Meireles (1997) e Meireles (1999), também observaram diferenças significativas entre clones (CCP06 e CCP1001) em termos de número de dias para germinar, sem, entretanto, haver efeito significativo sobre a percentagem de germinação e para a interação entre clones e tratamentos salinos.

Observando-se os dados médios de percentagem de germinação contidos na Tabela 9, constata-se, mediante aplicação do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, que o clone C<sub>1</sub> (CCP06) apresentou um maior percentual de germinação (média de 93,75%), seguido pelo clone C<sub>5</sub> (CCP1001), que apresentou média de 91,25%, ambos não diferindo significativamente entre si. Entretanto, o clone C<sub>3</sub> (EMBRAPA50), embora sem apresentar diferença estatística com C<sub>2</sub> (CCP09) e C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), teve um menor percentual de germinação (média de 61,25%). Meireles (1999), também não constatou diferenças significativas na percentagem de germinação entre os clones CCP06 (média de 92,08%) e CCP1001 (média de 94,79%).

As sementes do clone C<sub>1</sub> (CCP06) germinaram em um menor número de dias (média de 19,06 dias), diferenciando-se estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, apenas de C<sub>3</sub> (EMBRAPA50) e C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), cujas sementes demoraram mais a germinar (NDG média de 22,84 e 21,92 dias,

respectivamente). Meireles (1999) também constatou variação significativa no número de dias para germinação entre clones, no entanto, contrariamente ao presente trabalho, CCP06 diferiu estatisticamente de CCP1001, apresentando um maior período para germinação (médias de 19,03 e 17,8 dias, respectivamente). Contudo, vale ressaltar, que para o cajueiro, a germinação pode chegar a 25 dias (Cavalcante Júnior, 1994, citado por Meireles, 1999).

Tabela 9. Resumo de ANAVA e médias para percentagem de germinação (PG) e número de dias para germinação (NDG) de cinco clones de cajueiro anão-precoce sob diferentes níveis de salinidade (CEa).

Causa de Variância	Variáveis	
	PG	NDG
	Teste F	
Salinidade (S)	0,8053 ns	3,3210 *
Reg. Pol. Linear	-	5,2053 *
Reg. Pol. Quadr.	-	1,0220 ns
Reg. Pol. Cúbica	-	1,0834 ns
Clones (C)	10,6100 **	8,9665 **
S x C	0,5332 ns	0,5691 ns
QMRResíduo	306,3158	4,1643
CV (%)	22,58	9,78
	Médias	
	%	dias
Salinidade		
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	74,00	20,43
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	80,00	19,94
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	81,00	21,23
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	75,00	21,81
Clones		
C <sub>1</sub> (CCP06)	93,75 a	19,06 a
C <sub>2</sub> (CCP09)	70,00 b	19,87 a
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	61,25 b	22,84 c
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	71,25 b	21,92 bc
C <sub>5</sub> (CCP1001)	91,25 a	20,55 ab
dms	17,44	2,03

(\*) Significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (ns) não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de letras diferentes na vertical diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

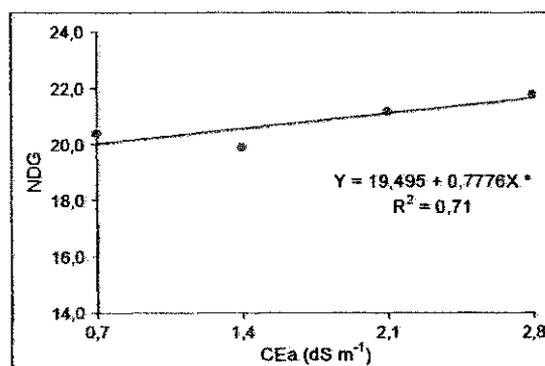


Figura 2. Número médio de dias para germinação (NDG) de clones de cajueiro anão-precoce em relação a salinidade da água de irrigação (CEa).

## 4.2. Índices de crescimento

### 4.2.1. Número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área foliar (AF)

Conforme Benincasa (1988), o crescimento de uma planta pode ser acompanhado através de avaliações periódicas do tamanho, da massa e do número de suas unidades estruturais morfológicas, cujas informações podem ser muito úteis no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições de cultivo.

As análises de variância e os dados médios observados para as variáveis de crescimento, em termos de número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área foliar (AF), em avaliação realizada aos 50 e 100 DAP, estão resumidos na Tabela 10. Observa-se que o número de folhas não sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (S) nas duas épocas de avaliação, e não variou entre os clones (C) aos 50 DAP; entretanto, aos 100 DAP, o número de folhas variou significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, entre os genótipos estudados.

Analisando-se as médias observadas para NF, aos 100 DAP, e suas respectivas diferenças, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, verifica-se que apenas o clone C<sub>3</sub> (EMBRAPA 50) apresentou diferença significativa, desenvolvendo um maior número de folhas em ambos os períodos de avaliação (médias de 9,96 e 17,83 folhas/planta), apesar de não ter mostrado efeito significativo aos 50 DAP.

Segundo a literatura, em condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico (seca fisiológica), é comum ocorrer alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas, destaca-se a redução do tamanho e do número de folhas (Maas & Nieman, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989).

Meireles (1999), em avaliação de crescimento aos 30 e 60 dias após o plantio, observou uma redução significativa no número de folhas, em ambos os períodos, quando usou água de irrigação de condutividade elétrica a partir de 2,04 dS m<sup>-1</sup>, sem, entretanto, constatar diferenças significativas entre os clones CCP06 e CCP1001 nas duas épocas de avaliação.

Houve efeito significativo da salinidade da água de irrigação (S), ao nível de 1% de probabilidade, sobre a altura de planta aos 50 e 100 DAP; e de clones (C), também significativo a 1% de probabilidade, aos 50 DAP (Tabela 10). O efeito de clones sobre a altura de planta, aos 50 DAP, não dependeu dos tratamentos salinos, pois, apesar de ter havido diferença significativa da salinidade neste período de avaliação, não houve efeito significativo para a interação (C x S), indicando, de maneira similar ao número de dias para germinação, que os genótipos utilizados apresentaram um mesmo comportamento nos diferentes níveis de salinidade.

Conforme estudos de regressão, o efeito depreciativo dos tratamentos salinos sobre a altura de planta foi linear, aos 50 e 100 DAP, com significância de 1% de probabilidade (Tabela 10). Segundo as equações obtidas (Figura 3), os “decréscimos relativos” de altura de planta, aos 50 e 100 DAP, de S<sub>2</sub> comparado a S<sub>1</sub>, foram de 5,94 e 7,04%; entre S<sub>3</sub> e S<sub>1</sub> foram de 12,27 e 14,09%; e entre S<sub>4</sub> e S<sub>1</sub> de 17,83 e 21,13%, respectivamente. Verifica-se ainda, de acordo com os modelos matemáticos, que as taxas de “decréscimo relativo” de altura de planta por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) foram de 8,49 e 10,06%, aos 50 e 100 DAP, respectivamente. Portanto, com base nestes resultados, observa-se que a influência negativa da salinidade sobre a altura de planta aumentou com o tempo de cultivo, uma vez que esta variável foi mais sensível aos 100 DAP do que aos 50 DAP.

O clone C<sub>5</sub> (CCP1001), apesar de não diferir de C<sub>2</sub> (CCP09), aos 50 DAP, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e não ter havido diferença estatística de clones aos 100 DAP, teve tendência a crescer mais em altura nas duas épocas de avaliação (Tabela 10). Por sua vez, Meireles (1999) constatou diferenças significativas dos tratamentos salinos e dos tipos de clones sobre a altura de planta aos 30 dias, e para a interação (clone x salinidade) aos 60 dias após a semeadura. Conforme observações do autor, as plantas do clone CCP1001 tiveram altura média superior à do clone CCP06 em ambos os períodos de avaliação; no entanto, pela interação significativa aos 60 DAP, foi observado que a salinidade afetou mais o clone CCP1001 do que o clone CCP06, quando irrigado com águas de CEa a partir de 2,04 dS m<sup>-1</sup>.

Conforme o resumo da análise de variância apresentado na Tabela 10, a área foliar sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (S) e de clones (C), todos em nível de 1% de probabilidade, nas duas épocas de observação. Contudo, não houve também

significância estatística para a interação (C x S), indicando que o efeito da salinidade sobre a área foliar, aos 50 e 100 DAP, não dependeu dos genótipos, embora tenha havido diferenças significativas dos tratamentos salinos em ambas as épocas de avaliação.

Pelos estudos de regressão, verifica-se ter sido linear o efeito da salinidade sobre a área foliar, aos 50 e 100 DAP, em nível de 1% de probabilidade (Tabela 10). Segundo os modelos matemáticos obtidos, aos 50 e 100 DAP (Figura 4), a área foliar decresceu linearmente com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo “decréscimos relativos” (comparados a S<sub>1</sub>) de 5,77 e 2,92%, 11,54 e 5,85%, 17,30 e 8,77%, para os tratamentos S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, respectivamente. As taxas de “decréscimo relativo” por incremento unitário da salinidade (CEa) foram de 8,24 e 4,18%, aos 50 e 100 DAP, respectivamente. Observa-se, mediante estes resultados, que a área foliar foi mais afetada pela salinidade aos 50 DAP do que aos 100 DAP, indicando, possivelmente uma adaptação da planta ao estresse salino, com o passar do tempo. Pelos dados de número de folhas, já discutidos, observa-se que, mesmo não tendo havido significância estatística aos 50 DAP, a diferença entre S<sub>1</sub> e S<sub>4</sub> foi de 10,1%, caindo para 5,5%, aos 100 DAP.

Segundo Läuchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume de células. Os autores afirmam que a redução da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à salinidade.

Läuchli & Epstein (1990) afirmam que a redução da área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, a qual contribui para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem a níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha.

Nota-se, ainda, na Tabela 10, mediante aplicação do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), que, aos 50 DAP, os clones C<sub>5</sub> (CCP1001), C<sub>3</sub> (EMBRAPA50), C<sub>2</sub> (CCP09) e C<sub>1</sub> (CCP06) produziram maior área foliar (médias de 17,81, 17,28, 16,57 e 15,69 cm<sup>2</sup>, respectivamente) e que apenas o clone C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), formou menor área foliar nos dois períodos de avaliação (médias de 13,67 e 22,06 cm<sup>2</sup>). Aos 100 DAP, somente o clone C<sub>3</sub> (EMBRAPA50) se destacou em área foliar (média de 25,95 cm<sup>2</sup>), diferindo-se estatisticamente dos demais.

Ferreira *et al.* (2000), estudando os efeitos de NaCl na água de irrigação ( $CEa \cong 5 \text{ dS m}^{-1}$ ), em dez genótipos de cajueiro, envolvendo o tipo comum e o anão, aos 38 dias após o plantio, encontraram maior redução no crescimento das folhas de EMBRAPA50 e EMBRAPA51.

Tabela 10. Resumo de ANAVA e médias para número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área foliar (AF) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP).

Causa de Variância	Variáveis					
	NF	AP	AF <sup>1</sup>	NF	AP	AF <sup>1</sup>
	50 DAP			100 DAP		
	Teste F					
Salinidade (S)	1,5704 ns	4,8667 **	8,1099 **	0,8759 ns	6,7857 **	4,4505 **
Reg. Pol. Linear	-	10,6517 **	17,4501 **	-	13,8190 **	22,0765 **
Reg. Pol. Quadr.	-	0,0433 ns	2,7435 ns	-	0,2596 ns	0,5165 ns
Reg. Pol. Cúbica	-	0,1235 ns	0,1012 ns	-	0,0492 ns	0,0922 ns
Clones (C)	1,8974 ns	13,6478 **	7,5713 **	7,5210 **	2,3229 ns	11,5827 **
S x C	0,8138 ns	0,2374 ns	0,8076 ns	0,8047 ns	0,5466 ns	0,9679 ns
QMRresíduo	3,7841	11,1358	5,5674	6,3950	20,6004	3,7957
CV (%)	21,54	17,23	14,50	17,08	16,82	8,40
	Médias					
	n°	cm	cm <sup>2</sup>	n°	cm	cm <sup>2</sup>
Salinidade						
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	9,40	21,41	17,42	14,85	30,49	24,47
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	9,58	19,69	17,46	15,23	27,96	23,42
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	8,69	18,83	16,19	15,07	25,45	22,85
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	8,45	17,48	14,40	14,04	24,23	22,29
Clones						
C <sub>1</sub> (CCP06)	8,78 a	19,24 bc	15,69 ab	14,56 b	25,13 a	22,27 b
C <sub>2</sub> (CCP09)	9,37 a	21,34 ab	16,57 a	14,02 b	27,85 a	22,07 b
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	9,96 a	17,61 cd	17,28 a	17,83 a	25,53 a	25,95 a
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	8,18 a	15,35 d	13,67 b	14,04 b	26,84 a	22,06 b
C <sub>5</sub> (CCP1001)	8,84 a	23,22 a	17,81 a	13,54 b	29,36 a	23,37 b
dms	1,94	3,33	2,35	2,52	4,52	1,94

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade; (ns) não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de letras diferentes na vertical diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{x}$ .

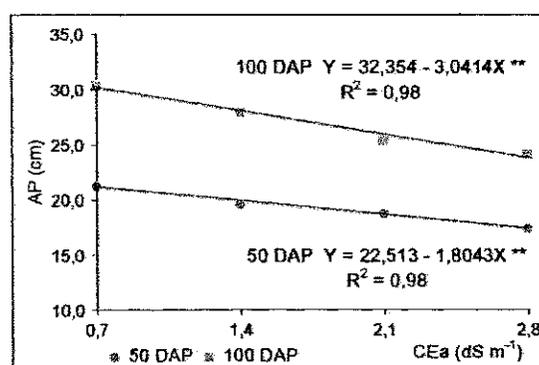


Figura 3. Altura de planta (AP) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP).

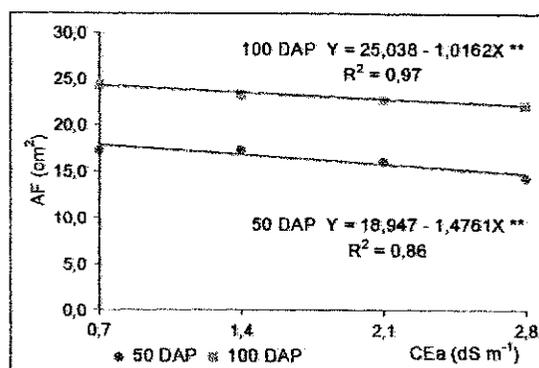


Figura 4. Área foliar (AF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP). Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{AF}$ .

#### 4.2.2. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de raízes (FSR) e total (FST)

As análises de variância e as médias observadas para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de raízes (FSR) e total (FST), aos 50 e 100 dias após o plantio, estão resumidas na Tabela 11. Verifica-se que a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (S) e variou entre clones (C), em ambos os períodos de avaliação, todos ao nível de 1% de probabilidade. Entretanto, nos dois tempos de avaliação, não houve efeito significativo para a interação entre clones e tratamentos salinos.

De acordo com os estudos de regressão, o efeito dos tratamentos salinos sobre a FSPA foi linear e decrescente, aos 50 e 100 dias após o plantio, com significância de 1% de probabilidade (Tabela 11). Pelas equações contidas na Figura 5, nota-se que os percentuais de “decréscimo relativo” de FSPA aos 50 e 100 DAP (comparados a  $S_1$ ) foram de 3,75 e 4,49%, 7,49 e 8,98%, 11,24 e 13,47%, para  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ , respectivamente. As taxas de “decréscimo relativo” de FSPA por aumento unitário da salinidade foram de 5,35 e 6,41%, aos 50 e 100 DAP, respectivamente, diminuindo, portanto, a matéria seca da parte aérea produzida pelas plantas, entre os dois períodos.

Observa-se que o clone  $C_4$  (EMBRAPA51) desenvolveu menor FSPA nos dois períodos de avaliação (médias de 1,4248 e 2,2937 g, respectivamente, aos 50 e 100 DAP), em relação aos demais que não diferiram entre si. Aos 100 DAP, o clone  $C_3$

(EMBRAPA50), apesar de não diferir estatisticamente somente de C<sub>5</sub> (CCP1001), produziu maior fitomassa da parte aérea (média de 2,7111 g), em termos de matéria seca.

Conforme os dados de análise de variância (Tabela 11), a salinidade da água de irrigação também influenciou a produção de fitomassa seca de raiz (FSR). Este efeito aumentou com o tempo de cultivo das mudas, pois, em avaliação realizada aos 50 DAP, embora sem significância estatística, houve tendência de diminuição do sistema radicular, enquanto que, aos 100 DAP, houve efeito estatisticamente significativo, ao nível de 1% de probabilidade, na fitomassa produzida em função dos tratamentos. O efeito negativo da salinidade sobre a FSR aos 100 dias após o plantio foi linear, com significância de 1% de probabilidade (Tabela 11). Segundo o modelo matemático obtido (Figura 6), os percentuais de “decréscimo relativo” de FSR para os níveis S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, comparados a S<sub>1</sub>, foram de 4,44, 8,88 e 13,32%, respectivamente; ou equivalente a 6,35% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Em relação a clones (C), houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) entre eles na fitomassa seca de raiz, em ambas as épocas de observação (Tabela 11). Por não ser significativa a interação C x S, a FSR produzida pelos clones não dependeu dos níveis de salinidade, de maneira similar a FSPA. Mediante aplicação do teste de comparação de médias (Tukey – 5% de probabilidade), constata-se que o clone C<sub>5</sub> (CCP1001), apesar de não diferir estatisticamente de C<sub>2</sub> (CCP09) e C<sub>3</sub> (EMBRAPA50) aos 50 DAP, e de C<sub>1</sub> (CCP06), C<sub>2</sub> (CCP09) e C<sub>3</sub> (EMBRAPA50) aos 100 DAP, desenvolveu maior FSR em ambas as épocas de avaliação (médias de 1,4550 e 2,0402 g, respectivamente). Entretanto, o clone C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), embora sem diferir estatisticamente de C<sub>1</sub> (CCP06) aos 100 DAP, produziu menor FSR nos dois períodos de observação (médias de 1,2288 e 1,7921 g, respectivamente).

Quanto a fitomassa seca total (FST), dados apresentados na Tabela 11, foi também influenciada pela salinidade da água de irrigação (S) e pelo fator clones (C), aos 50 e 100 dias após o plantio, todos em nível de 1% de probabilidade; no entanto, como observada em outras variáveis, não foi constatada significância estatística para a interação entre os fatores salinidade e clones, sugerindo não haver diferenças de fitomassa seca total entre os genótipos estudados em função da salinidade.

Conforme os estudos de regressão, nos dois tempos de observação, o efeito dos tratamentos salinos sobre a FST foi linear e decrescente, com significâncias de 5% de probabilidade – aos 50 DAP – e 1% de probabilidade – aos 100 DAP (Tabela 11). Pelos modelos matemáticos obtidos (Figura 7), os “decréscimos relativos” de FST, aos 50 e 100 DAP, para cada aumento de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  da CEa (comparados a  $S_1$ ) foram de 3,63 e 4,93%, para  $S_2$ , 7,26 e 9,86% para  $S_3$  e de 10,88 e 14,80% para  $S_4$ , respectivamente. Os percentuais de “decréscimo relativo” de FST por aumento unitário da salinidade foram de 5,18 e 7,04%, para 50 e 100 DAP, respectivamente.

Analisando-se o efeito isolado de “clones” pelo teste de Tukey, aos 50 DAP, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11), observa-se que o clone  $C_4$  (EMBRAPA51) diferiu estatisticamente dos demais na produção de FST (média de 1,5908 g); aos 100 DAP produziu também menos matéria seca total (média de 2,7294 g), embora não tenha diferido estatisticamente de  $C_1$  (CCP06) e  $C_2$  (CCP09), sendo estes dados muito semelhante aos encontrados por Ferreira *et al.* (2000). Os clones  $C_5$  (CCP1001) e  $C_3$  (EMBRAPA50) tiveram tendência a desenvolver maior fitomassa total, aos 50 e 100 DAP (médias de 2,0564 e 3,2322 g).

Observa-se, ainda, na Tabela 11, que a influência negativa da salinidade sobre a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e de raízes (FSR) aumentou com o tempo, sendo, em geral, as plantas mais sensíveis à salinidade aos 100 dias após o plantio. Nota-se ter sido a FSPA mais afetada pelos efeitos prejudiciais da salinidade do que a FSR, nas duas épocas de avaliação. Conforme observações de vários autores, a salinidade geralmente inibe menos o crescimento das raízes do que o da parte aérea (Meiri & Poljakoff-Mayber, 1970; Maas *et al.*, 1972; Maas & Hoffmann, 1977; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989). Com isso, a planta aumenta a sua capacidade de absorção de água e diminui a taxa de transpiração (Fageria, 1984 e 1989).

Tabela 11. Resumo de ANOVA e médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de raiz (FSR) e total (FST) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP).

Causa de Variância	Variáveis					
	FSPA <sup>1</sup>	FSR <sup>1</sup>	FST <sup>1</sup>	FSPA <sup>1</sup>	FSR <sup>1</sup>	FST <sup>1</sup>
	50 DAP			100 DAP		
Teste F						
Salinidade (S)	6,5659 **	2,3798 ns	5,3196 **	8,0381 **	9,2534 **	8,8381 **
Reg. Pol. Linear	14,7825 **	-	10,4240 *	54,2490 **	66,8332 **	68,7989 **
Reg. Pol. Quadr.	3,3430 ns	-	2,9697 ns	0,1185 ns	0,0003 ns	0,0584 ns
Reg. Pol. Cúbica	0,9786 ns	-	0,5853 ns	0,2173 ns	1,3132 ns	0,5771 ns
Clones (C)	10,1134 **	11,8334 **	11,5321 **	6,5882 **	5,5924 **	5,9621 **
S x C	0,5019 ns	0,7477 ns	0,4638 ns	0,6389 ns	0,6314 ns	0,6098 ns
QMRresíduo	0,0279	0,0093	0,0434	0,0570	0,0308	0,0934
CV (%)	10,14	7,09	11,03	9,64	9,01	10,24
Médias						
	g	g	g	g	g	g
Salinidade						
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	1,7121	1,3705	1,9540	2,6641	2,0848	3,2315
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	1,7501	1,3904	2,0025	2,5472	2,0175	3,0909
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	1,6335	1,3610	1,8780	2,4051	1,8856	2,8875
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	1,5316	1,3122	1,7529	2,3132	1,8192	2,7677
Clones						
C <sub>1</sub> (CCP06)	1,6423 a	1,3443 b	1,8703 a	2,4249 b	1,8879 ab	2,9054 bc
C <sub>2</sub> (CCP09)	1,6775 a	1,3845 ab	1,9293 a	2,4246 b	1,9709 a	2,9593 abc
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	1,7248 a	1,3799 ab	1,9689 a	2,7111 a	2,0269 a	3,2322 a
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	1,4248 b	1,2288 c	1,5908 b	2,2937 b	1,7921 b	2,7294 c
C <sub>5</sub> (CCP1001)	1,7662 a	1,4550 a	2,0564 a	2,4952 ab	2,0402 a	3,0630 ab
dms	0,1665	0,0960	0,2076	0,2380	0,1749	0,3046

(\*) Significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (ns) não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de letras diferentes na vertical diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{X + 1}$ .

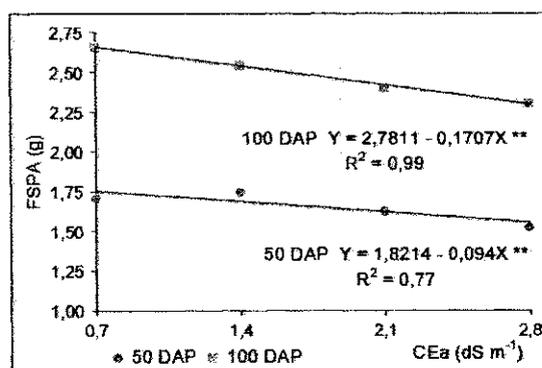


Figura 5. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP). Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{FSPA + 1}$ .

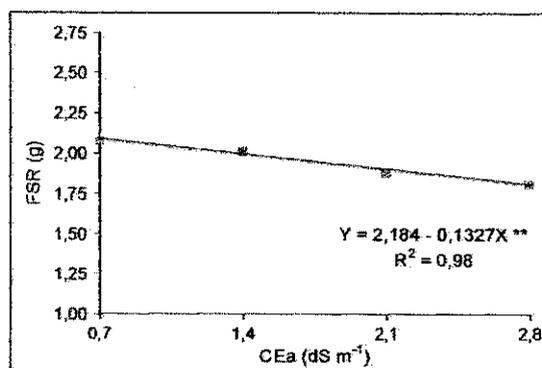


Figura 6. Fitomassa seca de raiz (FSR) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 100 dias após o plantio. Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{\text{FSR} + 1}$ .

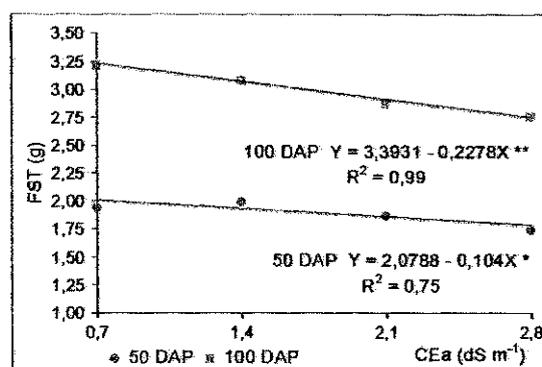


Figura 7. Fitomassa seca total (FST) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP). Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{\text{FST} + 1}$ .

### 4.3. Índices fisiológicos

#### 4.3.1. Teor de água das folhas (TAF)

As análises de variância para teor de água das folhas (TAF), avaliado aos 50 e 100 dias após o plantio, estão resumidas na Tabela 12. Observa-se ter havido efeito significativo da salinidade da água de irrigação (S) e de clones (C) sobre o TAF, todos ao nível de 1% de probabilidade, em ambos os períodos de avaliação; não houve efeito interativo de clones com os níveis de salinidade.

Conforme os estudos de regressão, a influência da salinidade sobre o TAF foi linear e crescente, em ambos os períodos de avaliação, com significância de 1% de probabilidade (Tabela 12), havendo um incremento no TAF na medida em que aumentaram os níveis de salinidade da água de irrigação. De acordo com as equações obtidas (Figura 8), aos 50 DAP ocorreu aumento no TAF em S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> (comparados ao tratamento S<sub>1</sub>) de 0,84, 1,68 e 2,52%, respectivamente; aos 100 DAP, os incrementos para os mesmos níveis de salinidade foram de 1,04, 2,08 e 3,12%, respectivamente. Constatou-se ainda, mediante os modelos matemáticos obtidos, que as taxas de incremento no TAF por aumento unitário da CEa foram de 1,20 e 1,49%, respectivamente, aos 50 e 100 DAP, aumentando, portanto, com o tempo de exposição das plantas às condições de salinidade.

O fato de o teor de água das folhas ter aumentado com o incremento da concentração salina da água de irrigação pode estar relacionado com ajustamento osmótico, na medida em que a planta acumula íons no vacúolo das células ou sintetiza compostos orgânicos (Lima, 1997), formas de baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água para manter a turgescência das células. Contudo, é importante ressaltar, que devido ao aumento da concentração de solutos osmoticamente ativos (diminuição do potencial osmótico), a água no interior das células, embora em maior quantidade, passa a ter um menor estado de energia, diminuindo a sua capacidade de realizar trabalho (Cairo, 1995), refletindo-se em menor crescimento da planta.

Quanto ao fator “clones”, verifica-se, pelas médias observadas aos 50 e 100 DAP (Tabela 12), que houve diferenças significativas entre os genótipos, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Nota-se um comportamento inverso dos genótipos em relação às outras variáveis discutidas anteriormente, com o clone C<sub>4</sub> (EMBRAPA51) se destacando dos demais, apresentando um valor de TAF estatisticamente superior aos 50 DAP, enquanto que aos 100 DAP, embora não havendo diferença significativa com C<sub>1</sub> (CCP06) e C<sub>3</sub> (EMBRAPA50), EMBRAPA51 continuou a ter uma tendência de comportamento similar, apresentando um maior valor de TAF.

#### **4.3.2. Razão de área foliar (RAF)**

De acordo com as análises de variância (Tabela 12), o efeito da salinidade da água de irrigação sobre a razão de área foliar (RAF) aumentou com o tempo de cultivo,

pois, enquanto aos 50 DAP não houve diferenças significativas entre os tratamentos salinos, aos 100 DAP foram registradas diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade. Quanto ao fator “clones”, houve variação significativa, ao nível de 1% de probabilidade, em ambos os períodos de avaliação. Entretanto, embora tenha havido efeito significativo dos tratamentos salinos sobre a RAF aos 100 DAP, a interação dos fatores salinidade (S) e clones (C) não foi significativa.

Segundo os estudos de regressão, o efeito da salinidade sobre a razão de área foliar, aos 100 DAP, também foi linear e crescente, com significância de 5% de probabilidade (Tabela 12). Portanto, observa-se na Figura 9, que a razão de área foliar cresceu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Este comportamento pode ser explicado pelo fato da fitomassa seca total ter sido mais afetada que a área foliar, nos níveis de salinidade mais altos, o que contribuiu para o aumento da RAF, já que esta variável foi determinada através da relação entre a área foliar e a fitomassa seca total.

Conforme o modelo matemático obtido aos 100 DAP (apresentado na Figura 9), as taxas de incremento da RAF para os tratamentos S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> (em relação a S<sub>1</sub>) foram de 5,49, 10,97 e 16,46%, respectivamente. O percentual de “incremento relativo” da RAF por aumento unitário da salinidade (CEa) foi de 7,84%.

De forma similar ao TAF, o clone C<sub>4</sub> (EMBRAPA51) desenvolveu uma maior RAF em ambas as épocas de avaliação (médias de 128,33 e 79,71 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 50 e 100 DAP), em relação aos demais que não diferiram entre si. Os clones C<sub>5</sub> (CCP1001) e C<sub>2</sub> (CCP09) situaram-se entre os que desenvolveram uma menor RAF aos 50 e 100 DAP, respectivamente (médias de 100,38 e 63,90 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>).

Na medida em que a folha cresce, menor é a proporção do material fotossintetizado retido no limbo foliar, ou seja, maior é a exportação de fotoassimilados para outras partes da planta. Portanto, como a RAF é um indicativo da dimensão relativa do aparelho assimilador – relaciona a área foliar com a matéria seca resultante da fotossíntese – valores altos de RAF indicam que os produtos fotoassimilados estão sendo mais utilizados para a formação do aparelho fotossintético. Assim, observando-se os dados de RAF, aos 50 e 100 DAP (Tabela 12), constata-se que seus valores foram superiores nos

primeiros 50 dias, denotando que os produtos fotossintetizados foram mais usados no crescimento das folhas nesse período.

#### 4.3.3. Relação raiz/parte aérea (R/PA)

Verifica-se, pelas análises de variância (Tabela 12), que a salinidade da água de irrigação afetou, significativamente, a relação raiz/parte aérea (R/PA), ao nível de 1% de probabilidade, somente aos 50 dias após o plantio. Este efeito, de acordo com os estudos de regressão, também foi linear e crescente, ao nível de 5% de probabilidade, havendo, portanto, um incremento na relação R/PA à medida que aumentou a concentração salina da água de irrigação (Figura 10).

Conforme o estudo de regressão (equação linear -- Figura 10), as taxas de “incremento relativo” da relação R/PA aos 50 DAP (comparados a  $S_1$ ) foram de 1,63, 3,25 e 4,88%, para os tratamentos  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ , respectivamente. Observa-se, ainda, segundo o modelo matemático obtido, que o percentual de “incremento relativo” por aumento unitário da salinidade da água de irrigação foi de 2,32%.

Analisando-se o comportamento da fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e de raiz (FSR) aos 100 DAP (sub-item 4.2.2), nota-se ter havido uma pequena taxa de variação em termos de “decréscimo relativo” por incremento unitário da CEa entre estas variáveis (6,41 e 6,35%, para FSPA e FSR, respectivamente), o que explica a não significância da salinidade sobre a relação raiz/parte aérea nessa época de observação.

Houve efeito significativo de clones sobre a relação R/PA pelo teste ‘F’, ao nível de 1% de probabilidade, apenas aos 100 dias após o plantio (Tabela 12). O clone  $C_5$  (CCP1001), apesar de não diferir estatisticamente de  $C_2$  (CCP09), apresentou uma maior relação raiz/parte aérea (média de 1,2670). No entanto, o clone  $C_3$  (EMBRAPA50), embora sem apresentar diferença significativa de  $C_1$  (CCP06) e  $C_4$  (EMBRAPA51), desenvolveu uma menor relação raiz/parte aérea (média de 1,2188), o que pode ser explicado pelo maior valor apresentado pelo EMBRAPA50 em termos de fitomassa seca da parte aérea (Tabela 11).

O fato da relação raiz/parte aérea ter crescido com o incremento dos níveis de salinidade (Figura 10) deu-se em função da maior taxa de redução ocorrida em termos

de fitomassa seca da parte aérea aos 50 DAP (decréscimo de 11,24% entre S<sub>1</sub> e S<sub>4</sub>, em base de equação de regressão), enquanto para fitomassa seca de raiz, ocorreu um decréscimo, entre os mesmos tratamentos, de apenas 4,25%, sem, entretanto, ter havido significância estatística. Assim, constata-se, que o crescimento da parte aérea foi mais afetado pela salinidade da água de irrigação que o do sistema radicular, resultando numa maior relação raiz/parte aérea, estando, portanto, de acordo com citações de vários autores (Meiri & Poljakoff-Mayber, 1970; Maas *et al.*, 1972; Maas & Hoffmann, 1977; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989). Isto pode ser um indicativo de adaptação morfo-fisiológica da cultura à salinidade devido à redução do potencial hídrico do solo – efeito osmótico, fazendo com que as plantas aumentassem a capacidade de absorção de água e diminuíssem a taxa de transpiração (Maas & Niemann, 1978; Shannon, 1979; Fageria, 1984 e 1989).

Tabela 12. Resumo de ANOVA e médias para teor de água das folhas (TAF), razão de área foliar (RAF) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP).

Causa de Variância	Variáveis					
	50 DAP			100 DAP		
	TAF <sup>1</sup>	RAF	R/PA <sup>2</sup>	TAF <sup>1</sup>	RAF	R/PA <sup>2</sup>
	Teste F					
Salinidade (S)	5,7676 **	1,9849 ns	4,6871 **	9,1039 **	3,7070 *	0,9243 ns
Reg. Pol. Linear	12,7772 **	-	8,7876 *	32,5176 **	7,9253 *	-
Reg. Pol. Quadr.	2,2638 ns	-	1,5726 ns	2,8989 ns	0,0821 ns	-
Reg. Pol. Cúbica	0,3438 ns	-	0,1074 ns	2,2290 ns	0,9290 ns	-
Clones (C)	20,8012 **	10,5083 **	0,7220 ns	6,7966 **	4,5682 **	9,6354 **
S x C	0,7594 ns	0,9485 ns	1,2527 ns	0,3263 ns	0,3526 ns	0,5997 ns
QMRResíduo	1,8505	213,0458	0,0031	1,5687	140,1486	0,0007
CV (%)	2,20	13,59	4,52	2,12	16,89	2,14
	Médias					
	%	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	g g <sup>-1</sup>	%	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	g g <sup>-1</sup>
Salinidade						
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	61,22	113,56	1,2118	58,00	64,69	1,2472
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	61,09	105,18	1,2085	58,70	66,61	1,2483
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	61,85	107,92	1,2345	59,78	73,78	1,2372
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	62,68	102,90	1,2682	59,67	74,09	1,2385
Clones						
C <sub>1</sub> (CCP06)	61,57 b	100,65 b	1,2138 a	59,81 a	67,69 b	1,2349 b
C <sub>2</sub> (CCP09)	60,72 b	103,11 b	1,2304 a	58,52 b	63,90 b	1,2618 a
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	61,66 b	104,47 b	1,2239 a	59,02 ab	73,71 ab	1,2188 b
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	64,36 a	128,33 a	1,2446 a	59,91 a	79,71 a	1,2316 b
C <sub>5</sub> (CCP1001)	60,43 b	100,38 b	1,2361 a	58,01 b	66,79 b	1,2670 a
dms	1,35	14,55	0,0551	1,25	11,80	0,0265

(\*) Significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (ns) não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de letras diferentes na vertical diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Dados apresentados como transformados em arco seno  $\sqrt{x(\%)}$ ; <sup>2</sup> transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

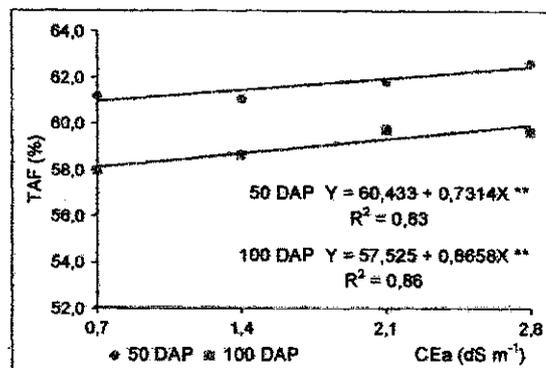


Figura 8. Teor de água das folhas (TAF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 e 100 dias após o plantio (DAP). Dados apresentados como transformados em arco seno  $\sqrt{TAF}$ .

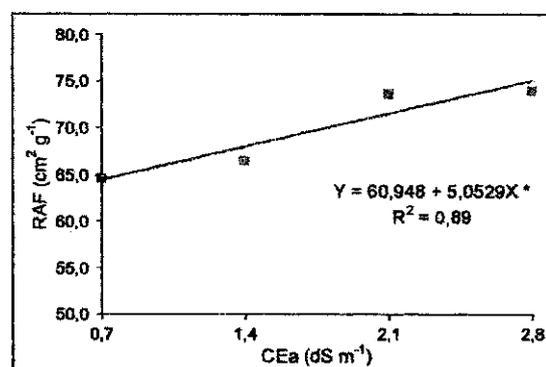


Figura 9. Razão de área foliar (RAF) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 100 dias após o plantio.

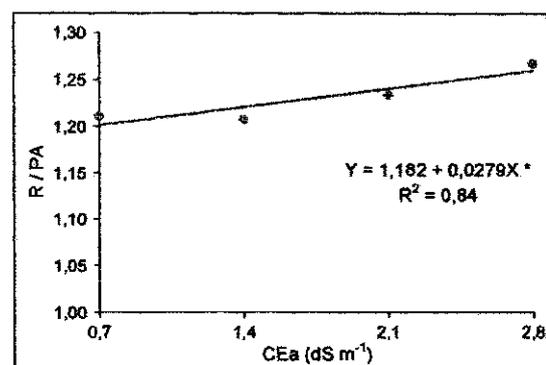


Figura 10. Relação raiz/parte aérea (R/PA) de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, aos 50 dias após o plantio. Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{R/PA + 1}$ .

#### 4.3.4. Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A análise de variância e os dados médios observados para taxa de crescimento absoluto (TCA), em avaliação realizada entre 50 a 100 DAP, estão resumidos

na Tabela 13. Consta-se que a TCA sofreu efeito significativo da salinidade da água de irrigação (S), ao nível de 1% de probabilidade; no entanto, não houve diferença significativa entre clones (C), nem da interação S x C no período considerado.

O crescimento absoluto das plantas foi afetado negativamente pelos tratamentos salinos, conforme modelo linear significativo, ao nível de 1% de probabilidade (Figura 11). De acordo com a equação obtida, os “decréscimos relativos” de TCA, no intervalo de 50-100 DAP por cada incremento de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  da salinidade, comparados a  $S_1$ , foram de 5,86, 11,73 e 17,59%, respectivamente, para os tratamentos  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ . Foi constatado ainda, mediante os dados obtidos pelo modelo matemático, que o percentual de “decréscimo relativo” da TCA de 50 para 100 DAP, por unidade de salinidade excedente à água utilizada com menor concentração de sais, foi de 8,38%. Resultados semelhantes foram obtidos por Viana (2000), estudando índices fisiológicos da alface (cv. Elba) sob diferentes concentrações salinas (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ ), produzidas, igualmente ao presente trabalho, com os sais NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , na proporção equivalente 7:2:1 para Na:Ca:Mg, respectivamente, utilizando uma fração de lixiviação (FL) de 30%. Segundo o autor, o aumento da salinidade também influenciou significativamente a taxa de crescimento absoluto da cultura, com efeito, linear e decrescente. De acordo com Maas & Hoffmann (1977), na medida em que aumenta a concentração salina da solução do solo acima de um limite tolerável, a velocidade média de crescimento da maioria das espécies vegetais diminui progressivamente.

Analisando-se, ainda, os dados da Tabela 13, observa-se não ter havido efeito significativo na TCA de 50 para 100 DAP, entre os clones, denotando não ter ocorrido diferenças no crescimento entre genótipos, ao longo do período estudado. O clone  $C_3$  (EMBRAPA50), entretanto, apresentou maior TCA (média de  $11,25 \text{ mg dia}^{-1}$ ), embora sem significância estatística ( $p < 5\%$ ), coincidindo com o fato de ter desenvolvido também uma maior produção de fitomassa seca total aos 100 DAP (Tabela 11). Contrariamente, o clone  $C_4$  (EMBRAPA51) apresentou menor TCA (média de  $9,81 \text{ mg dia}^{-1}$ ), em função da menor produção de fitomassa seca total desenvolvida por este genótipo.

#### 4.3.5. Taxa de crescimento relativo (TCR)

Verifica-se, pela análise de variância (Tabela 13), que a taxa de crescimento relativo (TCR) não sofreu efeito significativo da salinidade da água de irrigação (S), no

período de avaliação de 50 a 100 dias após o plantio; porém, houve diferença significativa de clones (C) sobre a TCR no período, ao nível de 1% de probabilidade. Trabalhando com alfaca, Viana (2000) também verificou comportamento semelhante, avaliando a influência de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre a taxa de crescimento relativo; os níveis de CEa testados pelo autor também não produziram efeito significativo sobre a eficiência da cultura em produzir matéria nova por unidade de matéria pré-existente, em todo o seu ciclo (de 0 a 30 dias após o transplântio).

Analisando-se as médias observadas para os tipos de clones (Tabela 13), verifica-se que C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), apesar de não apresentar diferença significativa apenas em relação a C<sub>3</sub> (EMBRAPA50), pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, desenvolveu maior TCR (média de 1,0377 mg mg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Este fato é um indicativo da maior eficiência deste genótipo em produzir material novo, novos produtos fotossintéticos, por unidade de material pré-existente. O inverso foi constatado para C<sub>5</sub> (CCP1001) que desenvolveu menor TCR (média de 1,0187 mg mg<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), denotando menor eficiência em converter fotoassimilados em novos produtos fotossintéticos, embora, estatisticamente, tenha apresentado um comportamento de tendência similar a C<sub>1</sub> (CCP06), C<sub>2</sub> (CCP09) e C<sub>3</sub> (EMBRAPA50).

#### **4.3.6. Taxa de assimilação líquida (TAL)**

O resumo da análise de variância para taxa de assimilação líquida (TAL) está apresentado na Tabela 13. Constata-se que a TAL não sofreu efeito significativo da salinidade da água de irrigação (S) no intervalo de 50 a 100 dias após o plantio. Assim, da mesma forma que a taxa de crescimento relativo, a salinidade não afetou a taxa fotossintética líquida diária, ao longo do período de observação, em relação à matéria seca produzida por unidade de área foliar. De acordo com observações de Benincasa (1988), cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, sendo o restante procedente da absorção de compostos inorgânicos do solo.

Houve efeito significativo de clones (C) sobre a TAL para o período de avaliação (50-100 DAP), ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 13). Observando-se as médias obtidas para cada clone e suas respectivas diferenças, pelo teste de Tukey, ao nível

de 5% de probabilidade, verifica-se que C<sub>4</sub> (EMBRAPA51) teve tendência para produzir um maior valor de TAL (média de 1,2594 mg cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), diferenciando-se, estatisticamente, apenas de C<sub>5</sub> (CCP1001), o qual apresentou um menor valor de TAL (média de 1,1612 mg cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). Isto comprova a eficiência do clone EMBRAPA51 em converter fotoassimilados em novos produtos fotossintéticos (TCR), como também pelo fato de ter desenvolvido uma taxa de fotossíntese líquida, por unidade de área foliar, entre as mais altas dentre os clones.

Tabela 13. Resumo de ANOVA e médias para taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) de cinco clones de cajueiro anão-precoce, em avaliação realizada de 50 a 100 dias após o plantio (DAP).

Causa de Variância	Variáveis		
	TCA <sup>1</sup>	TCR <sup>2</sup>	TAL <sup>2</sup>
	50 a 100 DAP		
	Teste F		
Salinidade (S)	5,0033 **	1,9940 ns	2,5518 ns
Reg. Pol. Linear	29,1991 **	-	-
Reg. Pol. Quadr.	2,2765 ns	-	-
Reg. Pol. Cúbica	0,0314 ns	-	-
Clones (C)	2,1211 ns	5,8911 **	2,9080 *
S x C	0,8602 ns	1,2669 ns	1,7456 ns
QMRResíduo	2,9261	0,0002	0,0085
CV (%)	16,77	1,21	7,66
	Médias		
	mg dia <sup>-1</sup>	mg mg <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	mg cm <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>
Salinidade			
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	11,46	1,0276	1,2103
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	10,43	1,0210	1,1765
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	9,70	1,0230	1,1879
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	9,50	1,0294	1,2514
Clones			
C <sub>1</sub> (CCP06)	9,84 a	1,0218 b	1,1942 ab
C <sub>2</sub> (CCP09)	9,90 a	1,0214 b	1,1845 ab
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	11,25 a	1,0267 ab	1,2334 ab
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	9,81 a	1,0377 a	1,2594 a
C <sub>5</sub> (CCP1001)	9,90 a	1,0187 b	1,1612 b
dms	1,70	0,0124	0,0921

(\*) Significativo a 5% e (\*\*) a 1% de probabilidade; (ns) não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de letras diferentes na vertical diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{x}$ ; <sup>2</sup> transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

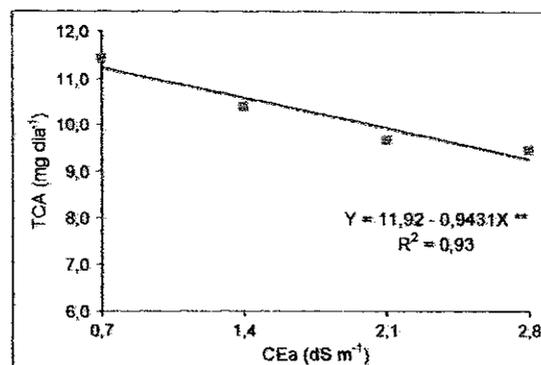


Figura 11. Taxa de crescimento absoluto (TCA) média de clones de cajueiro anão-precoce em função da salinidade da água de irrigação, no intervalo de 50 a 100 dias após o plantio. Dados apresentados como transformados em  $\sqrt{TCA}$ .

#### 4.4. Condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) e evapotranspiração real (ETr)

A partir dos 67 dias do plantio, foi feito o acompanhamento da condutividade elétrica da água de drenagem, bem como cada tratamento recebeu um volume de irrigação de acordo com a demanda evapotranspirométrica (ETr), conforme colocado no sub-item 3.6, obtendo-se os dados apresentados na Tabela 14. A condutividade elétrica (média ponderada) do efluente drenado (CEad) aumentou com o incremento da salinidade da água de irrigação e diminuiu do penúltimo para o último intervalo de avaliação (67-85 para 86-97 DAP) – Figura 12 a, com uma variação temporal de 11,01, 6,00, 0,94 e 0,74%, respectivamente, para os níveis salinos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>.

O fator de concentração de sais na água de drenagem (FC) diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação e do penúltimo para o último intervalo (Figura 12 b). A fração de lixiviação (FL) também decresceu com o tempo e teve uma relação inversa com o FC (Figura 12 c). O fato da concentração de sais na água de drenagem ter diminuído do penúltimo para o último intervalo pode ser explicado pela menor taxa de evapotranspiração real (ETr) ocorrida após os 85 dias, enquanto que o decréscimo da fração de lixiviação (FL) é explicado pelo menor volume aplicado (VA), uma vez que o consumo de água pelas plantas diminuiu com o tempo.

A evapotranspiração real (ETr) foi calculada mediante a Eq. 10, apresentada no sub-item 3.7.3 no capítulo Material e Métodos. O consumo de água pelo sistema solo-planta decresceu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e do

penúltimo para o último intervalo (Figura 12 d). Com base nos dados apresentados na Tabela 14, constata-se decréscimo relativo entre S<sub>1</sub> e S<sub>4</sub> de 18,56 e 32,89% no penúltimo e último intervalo, respectivamente. Considerando os referidos decréscimos, fica evidenciado o efeito osmótico da salinidade, indicando que as plantas sofreram estresse hídrico, induzido pelo estresse salino (seca fisiológica), ocorrido pela redução do potencial osmótico da solução do solo, estando de acordo, portanto, com citações de Menguel & Kirkby (1987) e de Rhoades & Loveday (1990).

Tabela 14. Volume de água aplicado (VA) e drenado (VD) por vaso, condutividade elétrica média ponderada (CE<sub>ad</sub>) e fator de concentração (FC) da água de drenagem, fração de lixiviação (FL) e evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) no intervalo de 67-85 e 86-97 DAP. Cada valor representa a média de duas repetições.

67-85 DAP						
Fatores estudados	VA (mL)	VD (mL)	CE <sub>ad</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	FC	FL	ET <sub>r</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )
Salinidade						
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	304,00	67,92	3,18	4,54	0,22	10,02
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	284,99	68,31	4,50	3,22	0,23	9,20
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	266,48	69,11	6,36	3,03	0,26	8,38
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	266,26	73,89	8,12	2,90	0,28	8,16
Clones						
C <sub>1</sub> (CCP06)	287,95	72,32	5,44	3,43	0,25	9,15
C <sub>2</sub> (CCP09)	283,90	72,15	4,74	2,79	0,25	8,98
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	310,30	60,45	6,47	4,75	0,19	10,60
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	265,27	72,04	6,52	3,91	0,27	8,20
C <sub>5</sub> (CCP1001)	266,44	70,24	5,63	3,08	0,26	8,33
86-97 DAP						
Fatores estudados	VA (mL)	VD (mL)	CE <sub>ad</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	FC	FL	ET <sub>r</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )
Salinidade						
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	270,79	56,03	2,83	4,05	0,20	9,12
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	248,70	49,12	4,23	3,02	0,20	8,47
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	211,93	43,79	6,30	3,00	0,21	7,14
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	183,79	39,50	8,06	2,88	0,21	6,12
Clones						
C <sub>1</sub> (CCP06)	215,94	44,92	5,17	3,18	0,21	7,26
C <sub>2</sub> (CCP09)	227,17	44,82	4,51	2,88	0,20	7,73
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	306,35	65,83	4,62	3,65	0,21	10,21
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	212,33	42,57	5,86	4,17	0,20	7,20
C <sub>5</sub> (CCP1001)	214,17	43,36	5,30	3,21	0,19	7,25

$$FC = CE_{ad} / CE_a$$

$$FL = VD / VA$$

$$ET_r = \frac{(VA - VD) \times 10^{-3}}{\left( \frac{\pi \times D^2}{4} \right)} \times FI$$

FI = frequência de irrigação (1 vez a cada três dias);

D = diâmetro de exposição (boca) do vaso (0,10 m).

Em relação a clones, C<sub>3</sub> (EMBRAPA50) teve uma maior ETr (média) diária em ambas os períodos (10,60 e 10,21 mm dia<sup>-1</sup>, no penúltimo e último intervalo, respectivamente), fato que comprova a ampla relação existente entre a transpiração e a superfície foliar (Sutcliffe, 1980, citado por Cairo, 1995), pois, na segunda época de avaliação de área foliar (aos 100 DAP), somente esse genótipo se destacou nessa variável, diferenciando-se estatisticamente dos demais (discutido no sub-item 4.2.1 – Tabela 10). Contrariamente, EMBRAPA51 teve menor ETr (média) diária (8,20 mm dia<sup>-1</sup>, no penúltimo intervalo, e 7,20 mm dia<sup>-1</sup>, no último intervalo), e nesse clone foi observado, também, aos 100 DAP, menor área foliar.

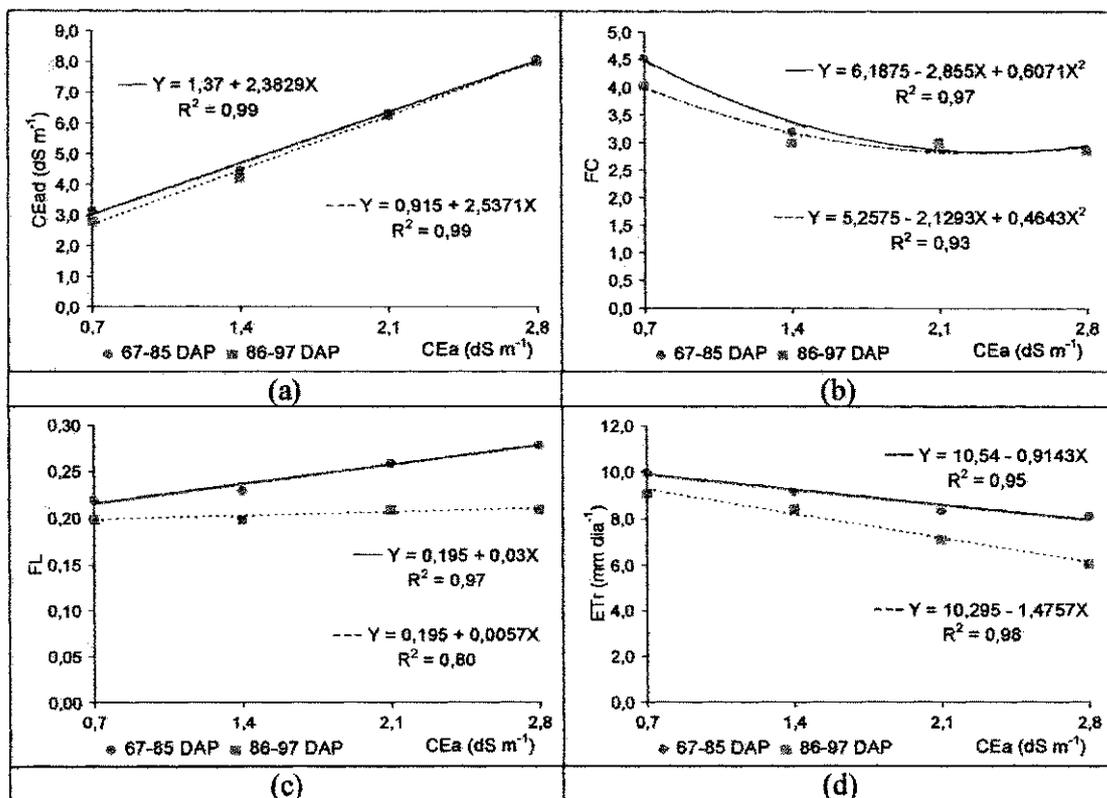


Figura 12. Condutividade elétrica – CEad (a) e fator de concentração – FC (b) da água de drenagem, fração de lixiviação – FL (c) e evapotranspiração real – ETr diária de clones de cajueiro anão-precoce em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (d), nos intervalos de 67-85 e 86-97 dias após o plantio – DAP.

#### 4.5. Salinidade final do solo

Os dados da análise do material de solo (parte solúvel) no final do experimento estão resumidos na Tabela 15. O aumento da salinidade da água de irrigação

originou um aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), com valores variando de 1,71 a 4,23 dS m<sup>-1</sup>, para águas de condutividade elétrica (CEa) de 0,7 (S<sub>1</sub>) e 2,8 (S<sub>4</sub>) dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com o valor 'b' da equação apresentada na Figura 13, a qual demonstra elevado grau de associação entre as duas condutividades ( $r^2 = 0,99$ ), a condutividade elétrica do solo ficou em média 1,23 vezes a da água de irrigação (CEa).

A pressão osmótica (PO) da solução do solo na umidade de capacidade de campo (CC) foi obtida segundo correlação entre condutividade elétrica do extrato de saturação e pressão osmótica ( $PO = 0,36 * CEes$ ) contida em Daker (1988), considerando a umidade do solo na CC igual à metade da de saturação. Os valores de pressão osmótica da solução do solo aumentaram com a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação, pois, no final do experimento, foram de aproximadamente 124,46 kPa em S<sub>1</sub>, 173,75 kPa em S<sub>2</sub>, 250,14 kPa em S<sub>3</sub> e 308,10 kPa em S<sub>4</sub>, o que explica a redução da taxa de evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) ocorrida nos níveis de salinidade mais altos, confirmando, assim, observações de Menguel & Kirkby (1987) e Rhoades & Loveday (1990).

Pelos resultados da análise do extrato de saturação do solo, no final do experimento, nota-se, ainda, que o efeito osmótico foi maior no clone C<sub>4</sub> (EMBRAPA51), entretanto, este genótipo apresentou um maior teor de água nas folhas (Tabela 12), fato que pode ter ocorrido devido ao mecanismo de ajustamento osmótico, no qual, a planta, acumula íons absorvidos no vacúolo celular ou sintetiza compostos orgânicos como medidas de baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água para manter a turgescência das células (Lima, 1997).

Os íons que sofreram grandes incrementos com a salinidade foram sódio, cloreto, cálcio e magnésio. A elevação acentuada dos dois primeiros íons ocorreu devido às altas proporções de Na utilizadas na preparação das águas de irrigação em forma de cloreto, enquanto que para os dois últimos, possivelmente, ocorreu em função do hidróxido de cálcio (cal hidratada) utilizado na calagem antes do experimento. Segundo a literatura, uma característica universal da salinidade é a presença em altas concentrações dos íons sódio e cloreto na solução do solo (Epstein & Rains, 1987; Szabolcs, 1989). Altas concentrações destes íons, em relação a outros que estejam presentes em baixas concentrações na solução do solo, podem causar toxicidade (Läuchli & Epstein, 1990). Conforme Ayers & Westcot (1991), os problemas de toxicidade mais frequentes são

provocados, principalmente, pelos íons cloreto e sódio contidos na água de irrigação. No presente trabalho, além do efeito osmótico da salinidade, também ocorreu problemas de toxicidade por íons específicos, provavelmente, pelo sódio e cloreto. Observou-se, no nível S<sub>4</sub>, necrose no ápice e nas bordas das folhas mais velhas, espalhando-se em todo o limbo foliar, resultando na abscisão das mesmas. Bernstein (1965) também registrou danos severos em folhas de várias frutíferas causados por sódio e cloreto.

Tabela 15. Resultados de análise do extrato de saturação do solo no final do experimento. Cada valor representa a média de duas repetições.

Fatores estudados	Características				
	pH	Umidade de saturação (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )	RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	PO <sup>(1)</sup> na CC (kPa)
<b>Níveis de salinidade</b>					
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	6,97	23,00	1,71	3,70	124,46
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	6,95	23,15	2,39	5,36	173,75
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	6,97	23,01	3,43	8,21	250,14
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	6,93	23,18	4,23	10,47	308,10
<b>Clones</b>					
C <sub>1</sub> (CCP06)	6,94	23,28	2,87	6,40	209,02
C <sub>2</sub> (CCP09)	6,94	23,03	2,78	6,55	202,34
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	6,97	22,72	2,91	7,15	212,00
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	6,95	23,18	3,00	6,36	218,54
C <sub>5</sub> (CCP1001)	6,99	23,19	2,85	7,43	207,49

Fatores estudados	Cátions					Ânions		
	(mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup> )							
	Ca	Mg	Na	K	Cl	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
<b>Níveis de salinidade</b>								
S <sub>1</sub> (0,7 dS m <sup>-1</sup> )	4,82	11,65	10,61	0,30	11,92	0,00	5,15	ausente
S <sub>2</sub> (1,4 dS m <sup>-1</sup> )	5,83	11,78	15,95	0,37	17,05	0,00	4,88	ausente
S <sub>3</sub> (2,1 dS m <sup>-1</sup> )	7,07	12,92	25,44	0,43	26,86	0,00	5,21	ausente
S <sub>4</sub> (2,8 dS m <sup>-1</sup> )	7,56	13,40	33,79	0,43	36,36	0,00	5,16	ausente
<b>Clones</b>								
C <sub>1</sub> (CCP06)	6,33	12,51	19,84	0,35	21,09	0,00	4,88	ausente
C <sub>2</sub> (CCP09)	6,00	12,14	20,09	0,35	21,38	0,00	5,13	ausente
C <sub>3</sub> (EMBRAPA50)	6,51	11,85	22,16	0,34	25,22	0,00	4,91	ausente
C <sub>4</sub> (EMBRAPA51)	7,16	12,57	20,24	0,49	22,21	0,00	4,87	ausente
C <sub>5</sub> (CCP1001)	5,66	11,90	22,15	0,37	23,28	0,00	5,14	ausente

<sup>(1)</sup> Pressão osmótica do solo na umidade de capacidade de campo, obtida segundo correlação entre CEes e PO, descrita por Daker (1988).

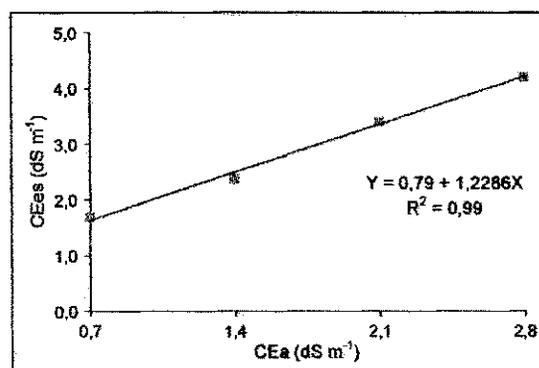


Figura 13. Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) no final do experimento.

## **5. CONCLUSÕES**

1. A salinidade da água de irrigação (CEa) não reduz a percentagem de germinação, mas prolonga o período de germinação, com efeito linear, havendo incremento relativo de 3,89% para cada aumento unitário da CEa.
2. A altura de planta (AP) e área foliar (AF), aos 50 e 100 DAP, decrescem linearmente com o aumento da salinidade, ocorrendo decréscimos relativos, por incremento unitário da CEa, de 8,49 e 10,06% para AP e 8,24 e 4,18% para AF, aos 50 e 100 DAP, respectivamente.
3. Com o aumento da CEa ocorre decréscimo linear das variáveis fitomassa seca da parte aérea (FSPA), de raiz (FSR) e total (FST); os decréscimos relativos, por incremento unitário da salinidade, são de 5,35 e 6,41% para FSPA (aos 50 e 100 DAP), 6,35% para FSR (aos 100 DAP) e 5,18 e 7,04% para FST (aos 50 e 100 DAP).
4. A relação raiz/parte aérea, aos 50 DAP, cresce de forma linear em 2,32% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.
5. A salinidade água de irrigação afeta mais o crescimento da parte aérea que o do sistema radicular, aos 50 e 100 dias após o plantio.
6. A área foliar útil para a fotossíntese, aos 100 DAP, aumenta linearmente com o incremento da CEa além de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ , com incremento relativo por aumento unitário da salinidade de 7,84%.
7. O teor de água das folhas, aos 50 e 100 DAP, cresce de maneira linear com o aumento da salinidade, ocorrendo incrementos relativos, por aumento unitário da CE da água de irrigação, de 1,20 e 1,49%, respectivamente.

8. A velocidade média de crescimento do cajueiro anão-precoce entre 50 e 100 DAP é reduzida linearmente com o aumento da CEa, com decréscimo relativo médio por incremento de uma unidade de salinidade de 8,38%.
9. Os níveis de CEa testados não afetam a eficiência do cajueiro anão-precoce em produzir material novo por unidade de material pré-existente e, também, não têm efeito sobre a taxa fotossintética líquida, em termos de matéria seca produzida, por unidade de área foliar, no intervalo de 50 a 100 DAP.
10. A utilização de águas salinas provoca redução na evapotranspiração real, como consequência do aumento da salinidade do extrato de saturação, sendo o fator de concentração (médio) de sais no solo 1,23 vezes a água de irrigação – CEa.
11. Os efeitos adversos da salinidade da água independe dos materiais genéticos estudados.
12. A percentagem de germinação é maior nos clones CCP06 e CCPI001. Até os 50 DAP, o clone EMBRAPA51 tem maior capacidade de retenção de água nos seus tecidos e utiliza mais os fotoassimilados na formação das folhas. Aos 100 DAP, o clone EMBRAPA50 forma maior número de folhas e área foliar, e os clones CCP1001 e CCP09 produzem maior relação raiz/parte aérea.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. *Advances in Agronomy*, New York, v.16, p.139-180, 1964.
- AMORIM, J. R. A. **Comportamento do alho (*Allium sativum* L.) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 97p. (Dissertação de Mestrado).
- ANSARI, R.; NAQUI, S. M.; ALA, S. A. Growth and composition of two cultivars of *Triticum aestivum* as affected by soil salinity. *Soil Science*, Baltimore, v.9, p.443-453, 1978.
- ARAGUEZLAFARGA, R. **Adequacion del agua para riego**. Tenerife: INIA, 1982. (INIA. Curso Internacional de Riego Localizado, 3).
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à Salinidade em Solução Nutritiva**. Viçosa: UFV, 1994. 87p. (Dissertação de Mestrado).
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação de uso**. Recife: CNPq, 1995. 128p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. Tradução de GHEYI, H. R.; MADEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. 1991, 218p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- BALL, M. C.; CHOW, W. S.; ANDERSON, J. M. Salinity-induced potassium deficiency causes loss of functional photosystem II in leaves of the grey mangrove, *avicennia marina*, through depletion of the atrazine-binding polypeptide. *Aust. J. Plant Physiol*, Victoria, v.14, p.351-361, 1987.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação e Drenagem**. 6<sup>a</sup>.ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1995. 657p.
- BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SCHILFGAARD, J. van (ed). **Drainage for agriculture**. Madison, Amer. Soc. Agron. 1974. cap. 3, p.39-54. (Agronomy, 17).
- BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of grasses and forage legumes**. Washington D. C.: U. S. Department of Agriculture, 1958. 7p. (USDA. Inform. Bull., 194).

- BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analysis and Fertilizer Problems**, v.4, p.25-45, 1964.
- BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops**. Washington: United States Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin nº 292. 1965.
- BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Rev. Phytopathol.**, Palo Alto, n.13, p. 295-311, 1975.
- BERNSTEIN, L.; HAYWARD, H. E. Physiology of salt tolerance. **Annual Rev. Plant Physiology**, Palo Alto, v.9, p.25-46, 1958.
- BERNSTEIN, L., PEARSON, G. A. Influence of integrated moisture stress achieved by varying the osmotic pressure of culture solutions on growth of tomato and pepper plants. **Soil Sci.**, n.77, p.355-68, 1954.
- BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. 2<sup>a</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341p.
- BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S. A., 1983. 647p.
- BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. **Saline and sodic soil: Principles, dynamics and modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 249 p.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. **Ann. Apl. Biol.**, Cambridge, v.7, p.103-123, 1920.
- CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista/BA: UESB, 1995. 32p.
- CARTER, D. L. Problems of salinity in agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. (eds.). **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. cap. 2., p.25-35. (Ecological Studies, 15).
- CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E. C.; WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluation. **Journal of the Irrigation and Drainage**, Berlin, v.103, p.155-169, 1977.
- COELHO, M. A., Aspecto da dinâmica da água em solos sódicos e salino-sódicos. **Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v.14, n.1-2, p.61-68, 1983.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo, Ed. Moderna. 1982. 368p.
- CRAMER, G. R.; EPSTEIN, E.; LÄUCHLI, A. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentration. **J. Expt. Bot.**, Oxford, v.39, p.1513-1522, 1988.
- DAHIYA, S. S., DAULTA, B. S., AHLAWAT, V. P. Salt tolerance of fruit crops: a review. **Haryana J. Hort. Sci.**, v.12, n.1-2, p.52-62, 1983.
- DAKER, A. **A água na agricultura**. 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 1988, 543p.
- DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GANE, J. (Ed.) **Plants in saline environments**. Berlin; Springer-Verlag, 1975. p.56-76. (Ecological Studies, 15).

- EATON, F. M. Toxicity and accumulation of chloride and sulfate salts in plants. **Jour. Agr. Res.**, n.64, p.357-99, 1942.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- EMBRAPA. **Aspectos agroeconômicos sobre a cultura do cajueiro**. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Fortaleza, 1993. 124p. (EMBRAPA-CNPAT).
- EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. **Plant Physiology**, Bethesda, v.36, p.437-444, 1961.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: John Wiley and Sons. 1972. 412p.
- EPSTEIN, E.; RAINS, D. W. Advances in salt tolerance. **Plant and Soil**, The Hague, v.99, p.17-29, 1987.
- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Ed. Campus; Goiânia: EMBRAPA, 1984. cap.10, p.302-2.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p (EMBRAPA-CNPAP. Documento, 18).
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.16, n.5, p.677-681, 1981.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.363-383.
- FERREIRA, O. S.; MATOS, N. N.; MENESES JÚNIOR, J.; BARROS, L. de M.; LIMA JÚNIOR, A.; SILVEIRA, J. A. G. da. Avaliação inicial da tolerância ao estresse salino em materiais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) através de índices de crescimento. *In*: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, XVI, Fortaleza, 2000. Anais, CD-ROM. Fortaleza: SBF, 2000.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 1991. 437p.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2ª ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.
- FNP, Consultoria & Comércio. **Agrianual 98**: anuário estatístico de agricultura brasileira. São Paulo, 1998. 481p. cap.: Caju.
- FOLLETI, R. H., MURPHY, L. S., DONAHUE, R. L. **Fertilizers and soil amendments**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981. 557p.
- FRENKEL, L. H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. *In*: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, p.143-72, 1984.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Documento elaborado para Escola Superior de Agronomia de Mossoró/Rn, 1991. 70p.

- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8<sup>a</sup> ed. São Paulo. Nobel, 1978. 430p.
- HAYWARD, H. E., SPURR, W. B. Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrats on entry of water into corn roots. **Bot. Gaz.**, n.105, p.152-64, 1943.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHIEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-169.
- HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. *In*: Salinity Seminar, Baghdad. Rome: FAO, 1971. p.117-35. (FAO. Irrigation and Drainage Papper, 7).
- HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edgard Arnold, 1982. 248p.
- ILRI. International Institute for Lande Reclamation and Improvement. Case study. Chacupe. *In*: **28<sup>th</sup> International Course on Land. DRAINAGE**. Wageningen, Netherlands. n.34. 21 August – 1 December, 1989. 18p.
- INGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfalfa yield with various index of salinity. **Soil Science**, Baltimore, v.122, n.3, p.145-153, 1976.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. *In*: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, K (Ed.). **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319-338. (Ecological Studies, 51).
- KORKOR, S. A.; HILLAL, M. H. Use of saline water for irrigating wheat crop. **Agrochemical**, v.20, n.1-2, Mar./May, 1976.
- KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. *In*: KOVDA, V. A.; BERG, C. van den; HAGAN, R. M. (eds.). **International source book on irrigation, drainage and salinity**. London: HUTCHINSON/ FAO/UNESCO, Cap.7, p. 177-205, 1973.
- KRAMER, D. Cytological aspects of salt tolerance in higher plnts. **In: Salinity Tolerance in Plnts: Strategies for Crop Improvement**. C. Staples e G. H. Toenniessen. (eds.), John Wiley & Sons, Ney York, EEUU, p.3-15, 1984.
- KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. Orlando: Academic Press, 1983. 489p.
- KVET, J.; ONDOCK, J. P.; NECAS, J. *et al*. Methods of growth analysis. *In*: SESTAK, Z.; CASTSKY, J.; JARVIS, P. G. (Eds.). **Plant photosynthetic production**. The Hague: Dr. W. Junk, 1971. p.343-84.
- LÄUCHLI, A. Salt exclusion: an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. *In*: STAPLES, R. C.; TOENNIESSEN, G. H., ed. **Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement**. New York; Wiley, 1984. p.171-187.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Transport of potassium and rubidium in plant roots. The significance of calcium. **Plant Physiology**, Bethesda, v.45, p.639-641, 1970.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.18-21, 1984.

- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. *In*: TANJI, K. K.(Ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. cap. 6, p.113-137.
- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório do Convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, p.91-141, 1983.
- LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 113-136.
- LIMA, V. de P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil (BNB), 1988. 454p.
- LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas da água**. Trad. LEMOS, A. M. de. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 75p.
- MAAS, E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.20-21, 1984.
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v.1, p.12-36, 1986.
- MAAS, E. V. Crop salt tolerance. *In*: TANJI, K. K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. cap. 13, p.262-304.
- MAAS, E. V., OGATA, G., BARBER, M. J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. **Agron. J.**, n.64, p.793-5, 1972.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. *In*: ASCE (ed.). **Journal of Irrigation and Drainage Division**: American Society of Civil Engineers, v.103, n.1R2, p.115-134, 1977.
- MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerant to salinity. *In*: JUNG, G. A. (ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: Amer. Soc. Agron. 1978. cap. 1. p.277-9. ( Special Publication, 32).
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. *In*: FERRI, M. G. (Coord). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU / EDUSP, 1979. p.331-350.
- MARINHO, F. J. L. **Avaliação do crescimento e desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) cv. Smooth Cayenne, em diferentes salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1996. 89p. (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 152p. (Tese de Doutorado).
- MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação**. Mossoró, ENA/ESAM. 1994. 60p.(ESAM, Boletim técnico/científico, 22).

- MEDEIROS, J. G.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J. E. C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lan). **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal**, Brasília, v.2, p.23-29, 1990.
- MEIRELES, A. C. M. **Salinidade da água de irrigação e desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce** (*Anacardium occidentale* L.). Fortaleza: UFC, 1999. 60p. (Dissertação de Mestrado).
- MEIRI, A., POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. **Soil Sci.**, v.109, p.26-34, 1970.
- MEIRI, A.; SHALHEVET, J. Crop growth under saline conditions. *In*: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.). **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. cap.6, p.277-290. (Ecological Studies, 5).
- MENGUEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern: Intern. Potash. Inst. 1987. 687p.
- MOLEN, W. H. van der. Salt balance and leaching requirement. *In*: ILRI (ed). **Drainage principles and applications**. Wageningen: ILRI, 1974, v.2, p.59-100. (ILRI Publication, 16).
- NOBLE, C. L.; ROGERS, M. E. Arguments for the use of physiological criteriu for improving the salt tolerance in crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.146, n.1-2, p.99-107, 1992.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2<sup>a</sup> ed. rev. ampliada. Campinas – SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503p.
- PALACIOS, O. V.; ACEVES, E. N. **Instructivo para el muestreo registro de dados e interpretacion de la calidad del agua para riego agrícola**. Chapingo: Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49p. (Rama de Riego y Drenaje, 15).
- PASTERNAK, D. Salt tolerance and crop production - a comprehensive approach. **Ann. Rev. Phytopathol.**, Palo Alto, v.25, p.271-291, 1987.
- PASTERNAK, D.; TWERSKY, M.; MALACH, Y. Salt resistance in agricultural crops. *In*: MUSSED, H. & STAPLES, R. C. (ed.). **Stress physiology in crop plants**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1979. p.127-142.
- PAULA PESSOA, P. F. A.; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectivas da agroindústria do caju. *In*: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. **Cajucultura: Modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, p.23-42, 1998.
- PITMAN, M. Ion transport in plant cell. *In*: SKORYNA, S. C.; EDWARD, D. W., ed. **Intestinal absorption of metal ions, trace elements and radionuclids**. London: Pergamon Press, 1970. p.115-133.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid. Editora Agrícola Española, S. A. 1985. 542p.
- POSTEL, S. Water for Agriculture: Facing the Limits. Worldwatch Paper 93. Worldwatch Institute. Washington, 1989. 54 p.

- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. **Crop Sci.**, Madison, v.7, p.171-175, 1967.
- RAINS, D. W.; EPSTEIN, E. Preferential absorption of potassium by leaf tissue of the mangrove, *Avicennia marina*: an aspect of halophytic competence in coping with salt. **Aust. J. Bio. Sci.**, Melbourne, v.20, p.847-857, 1967.
- RAMOS, A. D.; BLEICHER, E.; FREIRE, F. das C. de O.; CARDOSO, J. E.; PARENTE, J. I. G.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, L. A.; FROTA, P. C. E.; CORRÊA, M. P. F.; PAULA PESSOA, P. F. A. de; MELO, Q. M. S.; OLIVEIRA, V. H. de. **A cultura do caju**. Brasília-SPI, 1996. 96p. (Coleção Plantar, 34).
- REEVE, R. C.; FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. *In*: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H. & EDMINSTER, T. W. (ed.). **Irrigation of Agricultural Lands**. Madison. Amer. Soc. Agron., 1967. cap. 51. p. 988-1008. (Agronomy, 11).
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, v.113, n.4, p.277-284, 1972.
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. *In*: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. (Agronomy, 30).
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- RUSH, D. W.; EPSTEIN, E. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Geneva, v.106, p.699-704, 1981.
- SANTOS, F. J. de S.; MEIRELES, A. C. M. Efeito da qualidade da água sobre a germinação em viveiro de dois clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). *In*: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XXVI**, Campina Grande, 1997. Anais, Campina Grande: SBEA, 1997.
- SANTOS, J. W. dos; MOREIRA, J. de A. N.; BELTRÃO, N. E. de MACEDO. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, n.3, p.225-230, 1998.
- SANTOS, R. V. dos; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.319-361.
- SHAINBERG, I., OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65p.
- SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.
- SHANNON, M. C. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Hort. Science**, Fort Collins, v.14, n.5, p.587-589, 1979.

- SMEDEMA, L. K.; RYCROFT, D. W. **Land drainage: Planning and design of agricultural drainage systems**. London: B. T. Batsford Ltd., 1988. 376p.
- SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, R. F. A. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus vulgaris*) sob diferentes salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1999. 96p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, W. S. **Produção e desenvolvimento do tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill) em diferentes níveis de salinidade**. Campina Grande/PB: UFPB, 1990. 64p. (Dissertação de Mestrado).
- STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Prog. Sci. Transl., 1964. 279p.
- SYVERTSEN, J. P.; YELENOSKY, G. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifying growth, water relations, and mineral nutrition. **J. Amer. Soc. Hort. Science**, Geneva, v.13, p.889-893, 1988.
- SZABOLCS, I. **Salt-Affected Soils**. Florida, Library of Congress, 1989, 274p.
- TAYER, J. N. **Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil**. Bari, 1987. 285p. Thesis. (M.Sc.) - International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.
- VAN RAIJ, B.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Boletim técnico, nº 100. Campinas: IAC, 1985. 107p.
- VIANA, S. B. A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado).
- WASEL, Y. **Biology of halophytes**. New York: Academic Press, 1972. 395p.
- WHALE, D. M.; HEILMEIER, H.; MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Ann. Bot.**, Oxford, v.56, p.631-650, 1985.
- WILCOX, L. V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. *In*: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W. (eds.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967. cap.9, p.104-122. (Agronomy, 11).
- YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Varietal differences in the toxicit of sodium ions in rice leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.59, n.2, p.189-195, 1983.

## 7. APÊNDICES

### APÊNDICE 1. Procedimento utilizado no preparo das águas de irrigação.

#### 1.1. Memória de cálculo

##### 1.1.1. Determinação dos requerimentos de Na, Ca e Mg

Princípio:  $\text{meq L}^{-1} = \text{CEa} \cdot 10$       ( $0,1 < \text{CEa} < 5 \text{ dS m}^{-1}$ )

Exemplo (S<sub>5</sub>)  $\rightarrow \text{meq L}^{-1} = 2,1 \text{ dS m}^{-1} \cdot 10 = 21 \text{ meq L}^{-1}$

$2,1 \text{ dS m}^{-1} = 21 \text{ meq L}^{-1}$	Sódio	Cálcio	Magnésio
Proporção	7	2	1
Requerido, $\text{meq L}^{-1}$	$21 \cdot 0,7 = 14,7$	$21 \cdot 0,2 = 4,2$	$21 \cdot 0,1 = 2,1$
Quantidade presente na água de Boqueirão, $\text{meq L}^{-1}$	6,73	2,43	3,30

##### 1.1.2. Determinação do grau de diluição

Necessária quando algum elemento na água de Boqueirão estivesse em concentração acima do requerido, como ocorreu com o Mg. Assim, determinou-se por tentativa, o grau de diluição que satisfizesse a condição. Para este caso, uma parte de água destilada para uma parte de água de Boqueirão foi o suficiente, como evidenciado abaixo.

	Sódio	Cálcio	Magnésio
Requerido, $\text{meq L}^{-1}$	14,7	4,2	2,1
Quantidade na água de Boqueirão, $\text{meq L}^{-1}$	6,73	2,43	3,30
Diluição 1:1	$6,73/2$	$2,43/2$	$3,30/2$
Na água após diluição 1:1, $\text{meq L}^{-1}$	3,37	1,22	1,65

## 1.1.3. Determinação da quantidade de cada componente da solução de irrigação

Solução IN →	NaCl	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
Quantidade de solução IN requerida por litro de água de irrigação, em mL	$14,7 - 3,37 = 11,33^a$	$4,2 - 1,22 = 2,98^b$	$2,1 - 1,65 = 0,45^c$
Quantidade de água por litro de água de irrigação a preparar, em mL	$= 1000\text{mL} - (a+b+c) = 985,24 \text{ mL}^d$		
Como a diluição foi de 1:1, então 'd' =	492,62 mL de água destilada + 492,62 mL de água de Boqueirão		