

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB ESTRESSE SALINO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS¹

PAULO T. CARNEIRO², PEDRO D. FERNANDES³, HANS R. GHEYI⁴, FREDERICO A.L. SOARES⁵, MÁRCIO A.L. DOS SANTOS⁶ E LAYLA A.T.F. FEITOZA⁷

¹ Extraído do Trabalho de Tese de Doutorado do primeiro autor apresentado à UFCG, financiado pelo CNPq.

² Prof. Doutor, UFAL/CAMPUS ARAPIRACA, Rodovia AL 115, Km 6,5, Caixa Postal 61, CEP 57300-970, Arapiraca, AL. Fone (82) 34821831. E-mail: ptcarneiro@yahoo.com.br

³ Professor Voluntário da UAEAg, UFCG, Campina Grande, PB.

⁴ Professor Titular da UAEAg, UFCG, PB/Professor Visitante da UFRB, BA.

⁵ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Goiânia, GO.

⁶ Prof. Doutor, UFAL/CAMPUS ARAPIRACA, Arapiraca, AL.

⁷ Graduanda em Engenharia Agrônoma, UFAL/CAMPUS ARAPIRACA, Arapiraca, AL.

1 RESUMO

O cultivo de caju (*Anacardium occidentale* L.) é de grande importância econômica e social, para o Nordeste brasileiro, região propensa a problemas de salinidade de água e solo. Neste sentido, realizou-se este trabalho, objetivando-se estudar os efeitos da irrigação com águas salinas sobre a evapotranspiração real de plantas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce em diferentes fases fenológicas. Os tratamentos, delineados em blocos ao acaso com seis repetições, resultaram da combinação entre quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa) de irrigação (CEa: 1,6, 2,4, 3,2 e 4,0 dS m⁻¹) e três épocas de aplicação (A - do transplante ao início da floração; B - da floração ao início da formação de frutos e C - do início da formação de frutos ao final da frutificação do primeiro ano ciclo de produção), além do nível de 0,8 dS m⁻¹ de salinidade, que foi aplicado sem variar durante os estudos. A utilização de águas salinas acima de 0,8 dS m⁻¹ de condutividade elétrica provocou redução no consumo de água das plantas, com maior intensidade na prefloração e menor na frutificação.

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale*, irrigação, salinidade

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GUEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; dos SANTOS, M. A. L.; FEITOZA, L. A. T. F. EVAPOTRANSPIRATION OF THE PRECOCIOUS DWARF CASHEW UNDER SALINE STRESS IN DIFFERENT PHENOLOGICAL PHASES

2 SUMMARY

The cashew (*Anacardium occidentale* L.) crop is of great economic and social importance for the Northeast Brazil, a region affected by water and soil salinity. In this sense, took place this work, aiming to study the effects of irrigation with saline waters on the actual evapotranspiration from the CCP76 dwarf cashew early clone plants in different phenological phases. The treatments, delineated in randomized blocks with six repetitions, consisted of the combination among four levels of electric conductivity of the irrigation water (ECw) (ECw: 1.6, 2.4, 3.2 and 4.0 dS m⁻¹) and three application times (A - from transplanting to the beginning of the flowering; B - from flowering to the beginning of the formation of fruits and C - from beginning of the formation of fruits up to the end of the fruity phase of the first year

production cycle), besides the level of 0.8 dS m^{-1} of salinity, that was applied without varying during the studies. The use of saline waters above 0.8 dS m^{-1} of electrical conductivity produced reduction in water consumption by the plants, with larger intensity in the preflowering and smaller in the fruiting phase.

Keywords: *Anacardium occidentale*, irrigation, salinity

4 INTRODUÇÃO

O cultivo do caju é uma atividade 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, sobressaindo o Ceará, o Piauí e o Rio Grande do Norte como os maiores produtores de castanha de caju, responsáveis por mais de 97% da produção interna; segundo dados do IBGE, até agosto de 2000 aqueles Estados produziram 162,4 mil toneladas de castanha, proporcionando uma exportação, até julho do mesmo ano, de 19 mil toneladas de amêndoas, principal produto do cajueiro, gerando divisas para o País da ordem de 100 milhões de dólares (AGRIANUAL, 2001). Além da amêndoa, o óleo e o suco do caju também encontram mercados em expansão constante enquanto o pedúnculo, devido ao seu fino sabor e ao elevado teor de vitamina C (cinco vezes superior ao das frutas cítricas), tem todas as condições de ampliar sua penetração no mercado de frutas de mesa (AGRIANUAL, 2000).

Em sua maioria, os pomares de cajueiro são implantados em regime de sequeiro com base na possibilidade de que a planta possa ser cultivada sob condições de extrema adversidade hídrica, o que resultaria em produtividade média baixa, inferior a 220 kg ha^{-1} de castanha (BARROS et al., 2000). Após a obtenção de clones de caju anão precoce e com a utilização de irrigação localizada, este quadro começa-se a mudar, obtendo-se produtividades superiores a 3.000 kg de castanha por hectare (EMBRAPA, 2004). 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; salienta-se, entretanto, que o uso inadequado da irrigação em áreas semiáridas, predominantes no Nordeste brasileiro, tem ocasionado salinização de solos (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

A salinidade do solo se tem constituído em um dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada, em diversas partes do mundo. Estima-se em nível global, ser de cerca de 30% toda a área irrigada afetada por sais ou por problemas associados e, anualmente, de 1 a 2% dessas áreas abandonadas em virtude desses problemas (FAO, 2002). 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 do Ceará, que representa 25,5% (GHEYI et al., 1997).

A salinidade reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas por efeito osmótico, ocasionando estresse hídrico, e por problemas de íons específicos (SHANNON, 1997). O estresse salino representa um dos mais sérios fatores a limitar o crescimento e a produção das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas em plantas superiores (IZZO et al., 1991), entre as quais estão fruteiras, pelos efeitos nocivos dos sais, tanto em função da concentração como da espécie iônica; isto significa que o rendimento das plantas pode ser diferencialmente afetado, seja pelos níveis salinos de uma mesma fonte ou pelos efeitos de diferentes sais (STROGONOV, 1964; CORDEIRO, 1997).

Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade, destacam-se a transpiração, a assimilação de CO₂ e a síntese de proteínas, limitando a capacidade produtiva das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004). A redução da fotossíntese em função da salinidade decorre da diminuição da condutância estomática e, por consequência, da inibição na atividade de fixação do carbono fotossintético (HEUER, 1997). Relativamente ao cajueiro anão precoce, pesquisadores verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação causa decremento nas taxas de transpiração e fotossintética e na condutância estomática (VIÉGAS et al., 2004; BEZERRA et al., 2005).

Maas & Hoffmann (1977) e Maas (1986), todavia, reportam a existência de 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.

Com a relevância socioeconômica da cajucultura para o Nordeste e da magnitude dos problemas de salinidade na região, há, ainda, a necessidade de mais estudos envolvendo os efeitos nocivos dos sais sobre a frutífera, sobretudo para descobrir a época da espécie de maior sensibilidade ao estresse salino. Assim, conduziu-se este trabalho, objetivando-se estudar os efeitos da irrigação com águas salinas sobre a evapotranspiração de plantas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce, em diferentes fases fenológicas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, em Campina Grande, PB (7°15'18'' de latitude sul, 35°52'28'' de longitude oeste e altitude de 550 m), no período de outubro de 2005 a dezembro de 2006.

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, semiúmido, 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. Os dados médios mensais de temperatura obtidos na casa de vegetação no período dos estudos do estresse salino (fevereiro-dezembro/2006) se encontram na Figura 1.

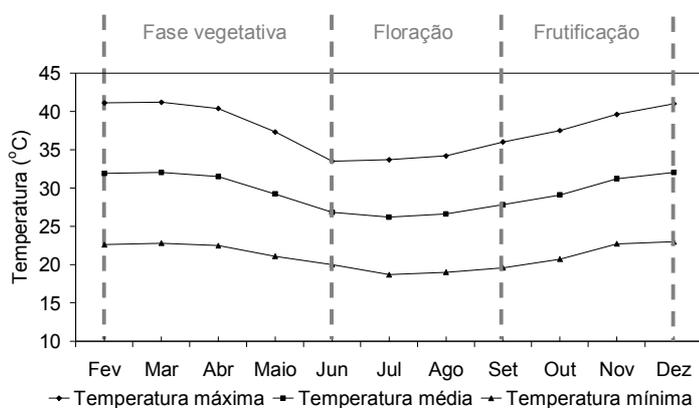


Figura 1. Dados médios mensais de temperatura máxima, média e mínima obtidos na casa de vegetação durante o período experimental de estresse salino (fevereiro-dezembro/2006)

No estudo se utilizaram vasos plásticos com dimensões de 70 cm de altura e 57 cm de diâmetro, com capacidade para 150 litros (Figura 2A). De início, os recipientes foram preenchidos com uma camada de 2,5 cm de brita zero e 2,5 cm de areia, visando-se facilitar a drenagem e evitar a perda de solo e, logo acima, com uma camada de 60 cm de material de solo correspondendo a uma massa de 230 kg.

Os vasos foram preparados abrindo-se dois furos na base, em posições diametralmente opostas, com de diâmetro, para instalação do sistema de drenagem, cada um interligado a um recipiente externo (2,0 L de capacidade), para coleta da água lixiviada e controle do consumo de água pela planta (Figura 2B).

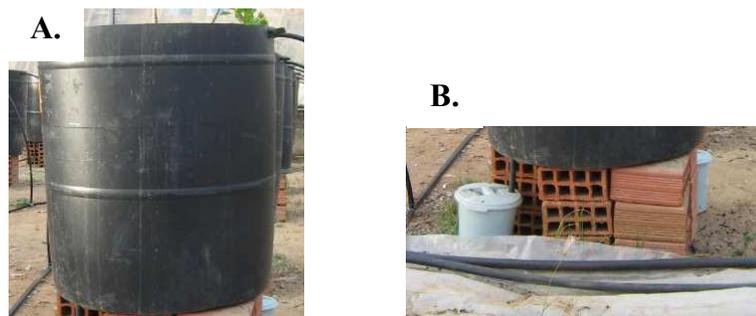


Figura 2. Vasos utilizados para cultivo das plantas (A) e coleta da água de drenagem (B)

Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água ($S_1 = 0,8$; $S_2 = 1,6$; $S_3 = 2,4$; $S_4 = 3,2$ e $S_5 = 4,0$ dS m^{-1} a 25 °C) e três épocas de aplicação (A - do transplântio ao início da emissão de botões florais; B - da emissão de botões florais ao início da formação de frutos e C - do início da formação de frutos ao final da frutificação do primeiro ciclo de produção), resultando em S_2A (T_1), S_2B (T_2), S_2C (T_3), S_3A (T_4), S_3B (T_5), S_3C (T_6), S_4A (T_7), S_4B (T_8), S_4C (T_9), S_5A (T_{10}), S_5B (T_{11}), S_5C (T_{12}) e S_1ABC (T_{13}), cujas plantas não foram submetidas ao estresse com água de maior salinidade durante o ciclo de estudos do clone CCP76 de cajueiro anão precoce. O delineamento experimental foi em blocos completamente ao acaso, com treze tratamentos e seis repetições, totalizando-se 78 parcelas, constituindo-se a unidade experimental de uma planta.

Conforme a fenologia da cultura, as fases A, B e C foram avaliadas da maneira a seguir: a) Fase A ou fase inicial de desenvolvimento: de 20 de fevereiro a 20 de junho de 2006, correspondendo a 120 dias, entre 123 e 243 dias após o transplântio (DAT); b) Fase B ou fase de floração: de 21 de junho a 20 de setembro de 2006, correspondendo a 92 dias, entre 124 e 335 DAT; e c) Fase C ou fase de produção: de 21 de setembro a 31 de dezembro de 2006, referente a 102 dias, entre 336 e 437 DAT. As plantas foram irrigadas com as águas de condutividade elétrica dos respectivos tratamentos salinos; nas épocas em que as plantas não foram submetidas a estresse salino, a irrigação foi feita com água de $0,8$ dS m^{-1} .

Por se tratar de um dos tipos genéticos mais utilizados nos pomares de cajueiro anão, em virtude da qualidade das castanhas e do pedúnculo, usou-se o clone CCP76 enxertado por garfagem fenda cheia, sobre o porta-enxerto CCP06, ambos provenientes da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Pacajus, CE. Aquele genótipo produz cerca de 1.250 kg ha^{-1} de castanha com peso médio de $7,9$ g e 17.200 kg ha^{-1} de pedúnculos de cor vermelha, sob sequeiro, e 2.500 kg ha^{-1} de castanha, sob irrigação (EMBRAPA, 2004).

O material de solo utilizado proveio de um solo franco arenoso, não salino e não sódico, cujas características químicas e físico-hídricas constam na Tabela 1. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, da Universidade Federal de Campina

Grande, Campus I, em Campina Grande, PB, de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954) e pela EMBRAPA (1997).

Realizou-se o plantio das mudas enxertadas, no dia 20 de outubro de 2005; visando-se, contudo, assegurar o desenvolvimento inicial das plantas, os tratamentos salinos foram iniciados somente no dia 20 de fevereiro de 2006. Durante este período de adaptação das plantas, o solo foi umedecido, deixando-o na capacidade de campo, monitorado pelo controle de saída de água pela tubulação de drenagem.

Para se obter a condutividade elétrica das águas utilizadas nas irrigações, houve adição de NaCl (sem iodo) na água do sistema de abastecimento local (CAGEPA), cuja quantidade de NaCl (Q^{de} de NaCl) foi determinada utilizando-se da seguinte equação (RICHARDS, 1954) e se levando em consideração a salinidade inicial da água:

$$Q^{de} \text{ de Na Cl (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times CEa$$

sendo:

CEa - condutividade elétrica da água desejada, em $dS m^{-1}$

Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento

Características	Valor
Granulometria (g kg⁻¹)	
Areia	758,50
Silte	80,60
Argila	160,90
Classificação textural	Franco arenoso
Densidade aparente, kg dm ⁻³	1,52
Densidade real, kg dm ⁻³	2,63
Porosidade, %	42,20
Umidade % (gravimétrica)	
33,4290 kPa (capacidade de campo)	9,60
1519,50 kPa (ponto de murcha)	2,90
Água disponível, %	6,70
Complexo sortivo	
Cálcio, cmol _c kg ⁻¹	1,49
Magnésio, cmol _c kg ⁻¹	1,10
Sódio, cmol _c kg ⁻¹	0,16
Potássio, cmol _c kg ⁻¹	0,14
Hidrogênio, cmol _c kg ⁻¹	0,00
Alumínio, cmol _c kg ⁻¹	0,00
Soma de bases (S), cmol _c kg ⁻¹	2,89
Capacidade de troca de cátions (CTC), cmol _c kg ⁻¹	2,89
Saturação de bases (V), %	100,00
Porcentagem de sódio trocável (PST)	5,88
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausente
Carbono orgânico, g kg ⁻¹	2,60
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	4,50
Nitrogênio, g kg ⁻¹	0,26
Fósforo assimilável, mg kg ⁻¹	0,30
pH em água (1:2,5)	7,06
Condutividade elétrica da suspensão solo-água (1:2,5), dS m ⁻¹	0,19
Extrato de saturação	
pH do extrato de saturação	6,62
Condutividade elétrica do extrato de saturação, dS m ⁻¹	0,35
Cloreto, mmol _c L ⁻¹	1,95
Carbonato, mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonato, mmol _c L ⁻¹	2,08
Sulfato, mmol _c L ⁻¹	Ausente
Cálcio, mmol _c L ⁻¹	0,58
Magnésio, mmol _c L ⁻¹	1,27
Potássio, mmol _c L ⁻¹	0,24
Sódio, mmol _c L ⁻¹	2,03
Porcentagem de saturação, g kg ⁻¹	190,00
Relação de adsorção de sódio, (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	1,18
Classificação em relação à salinidade	Não salino e não sódico

Na Tabela 2 estão as características químicas da água da CAGEPA utilizada na preparação das águas salinas usadas nas irrigações. Igualmente às determinações do material de solo, realizaram-se as análises no Laboratório de Irrigação e Salinidade, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, em Campina Grande, PB, segundo as metodologias contidas em Richards (1954).

Tabela 2. Características químicas da água da CAGEPA utilizada na preparação dos tratamentos salinos

Características químicas		Valor	
		Fase A	Fase C
pH		8,42	7,47
Condutividade elétrica, dS m ⁻¹		0,41	0,39
mmol _c L ⁻¹	Cloreto	2,20	2,21
	Carbonato	0,12	0,00
	Bicarbonato	1,57	1,30
	Sulfato	Ausente	Ausente
	Cálcio	0,91	1,00
	Cálcio + Magnésio	1,41	1,30
	Potássio	0,14	0,14
	Sódio	1,66	1,55
Relação de adsorção de sódio, (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		2,00	1,94
Classificação quanto ao risco de salinidade		Médio	Médio
Classificação quanto ao risco de sodicidade		Baixo	Baixo

As plantas foram irrigadas por gotejamento através de um sistema de irrigação constituído de uma bomba submersa; manômetros, para controle de pressão, instalados no início das tubulações principal; tubulação principal de polietileno flexível de 32 mm; linha lateral, de acesso a cada parcela, e linha terciária, de acesso aos gotejadores, de polietileno flexível de 16 mm (Figura 3).

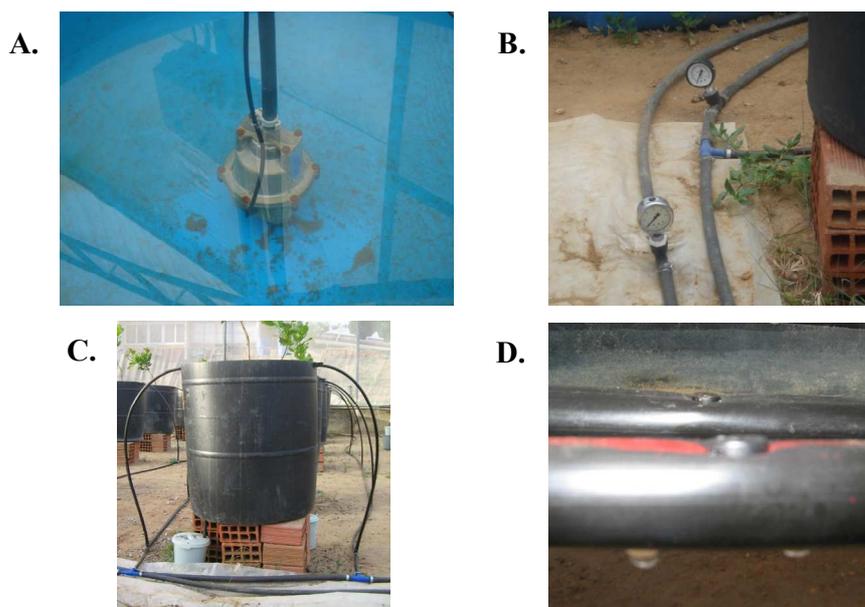


Figura 3. Detalhe do sistema de irrigação instalado na casa de vegetação: bomba submersa (A), manômetros (B), disposição das tubulações nas parcelas (C) e gotejador (D)

Cada planta foi irrigada por três gotejadores ‘Katif’, do tipo botão, autocompensantes, espaçados 0,10 m, com vazão nominal de 2,4 L h⁻¹, correspondendo a 7,2 L de água aplicada em cada vaso por hora. Antecedendo à aplicação dos tratamentos salinos, todos os emissores foram avaliados registrando-se vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de vazão de 2,472 L h⁻¹, 0,042 e 0,017, respectivamente.

A frequência ou intervalo entre as irrigações depende da capacidade de retenção de água no solo, da porcentagem de área molhada pelos emissores e da evapotranspiração da cultura (BERNERDO et al., 2007). Nas condições do Nordeste do Brasil, de acordo com aquele autor a frequência de irrigação em cultivo de cajueiro anão precoce irrigado por microaspersão, pode variar entre um dia, em solos arenosos, e quatro dias em solos argilosos. Nesta pesquisa o intervalo entre as irrigações foi de três dias, por ser o material de solo utilizado no cultivo dos cajueiros de textura média e, também, em virtude do estudo ser conduzido em ambiente protegido.

Efetuaram-se as irrigações no início da manhã e cada tratamento salino recebeu um volume de irrigação próprio, corrigido a cada irrigação, com base no consumo de água das plantas na irrigação anterior, dividindo-se o volume estimado pelo fator 0,8 restabelecendo-se, assim, a umidade do solo à capacidade de campo e se obtendo uma fração de lixiviação (FL) de aproximadamente 0,2, conforme a equação a seguir, também utilizada por Carneiro et al. (2004) na irrigação de cajueiros:

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - FL)} \quad (mL)$$

em que:

VI - volume de água a ser aplicado na irrigação, em mL

VA - volume de água aplicado na irrigação anterior, em mL

VD - volume de água drenado na irrigação anterior, em mL

A água de drenagem foi coletada no final da tarde e na manhã do dia seguinte à irrigação, medindo-se o volume lixiviado e a condutividade elétrica, com auxílio de condutivímetro portátil e correção de temperatura para 25 °C.

Avaliou-se, a partir do acompanhamento do volume de água drenado, a demanda evapotranspirométrica (ETr), estimada através da equação a seguir, obtida pelo balanço hídrico proposto por Van Hoorn & Van Alphen (1994):

$$ETr = \left[\frac{(VA - VD) \times 10^{-3}}{\left(\frac{3,1416 \times D^2}{4} \right)} \right] \times FI \quad (mm \text{ dia}^{-1})$$

sendo:

D - diâmetro de exposição do recipiente, em m

FI - frequência ou intervalo de irrigação, em dias

Para a realização das análises de salinidade do solo se retirou uma amostra do solo nos tratamentos T₁, T₂, T₃, T₄, T₆, T₁₂ e T₁₃, nas profundidades de 0-30 cm e de 30-60 cm, no final da fase vegetativa, da floração e da frutificação. As análises constaram de pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25 °C, cátions (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ e Na⁺) e ânions (Cl⁻, CO₃⁻ e HCO₃⁻) solúveis, de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954) e pela Embrapa (1997).

Os efeitos isolados dos cinco níveis de salinidade da água de irrigação no final da fase vegetativa, da floração e da frutificação, e conjuntos dos treze tratamentos, no final do primeiro ano de estudos do cajueiro anão precoce sobre a evapotranspiração real (ETr), foram analisados por meio de análises de variância simples com testes 'F' (Zimmermann, 2004). Para 'salinidade da água de irrigação' foram realizadas análises de regressão polinomial, obtendo-se equações de regressão e se utilizando modelos linear e quadrático, devido à sua natureza quantitativa; para os 'tratamentos', por serem de natureza qualitativa, se aplicou o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias (SANTOS et al., 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tem-se, na Tabela 3, as análises de variância e as médias observadas para evapotranspiração real (ETr), em avaliações realizadas no final da prefloração (fase A), da floração (fase B) e da frutificação (fase C). Verificam-se efeitos significativos da salinidade da água, todos em nível de 0,01 de probabilidade, sobre a ETr nos três estádios fenológicos. No final da prefloração, o efeito depreciativo da salinidade da água sobre a ETr foi linear ($p < 0,01$) (Tabela 3); os resultados decresceram de forma linear ($p < 0,01$) (Figura 4), com o incremento da CEa de irrigação, na proporção de 12,54% para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada com menor concentração de sais; no final da floração e da frutificação se constatarem efeitos quadráticos dos níveis salinos da água de irrigação, todos a 0,05 de probabilidade (Tabela 3), com incrementos positivos, comparados com S₁, até as CEa de irrigação de 1,58 (14,51 mm) e 3,2 dS m⁻¹ (12,12 mm) (Figura 4), respectivamente, a partir das quais a ETr decresceu 14,20% (12,45 mm), no final da fase B e 37,87% (7,53 mm), no final da fase C, por aumento unitário da CEa de irrigação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias para evapotranspiração real na prefloração (ETrPrefloração), na floração (ETrFloração) e na frutificação (ETrFrutificação) de plantas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes concentrações de sais, aos 120, 90 e 90 dias após estresse salino, respectivamente

Fontes de Variação	GL	Valores de Quadrados Médios		
		ETrPrefloração	ETrFloração	ETrFrutificação
Salinidade	4	10,28 **	52,44 **	142,43 **
Reg. Linear	1	38,08 **	192,50 **	532,88 **
Reg. Quadrática	1	0,03 ^{NS}	2,73 *	3,80 *
Desvio Regressão	2	1,53 **	7,26 **	16,52 **
Bloco	5	0,16 ^{NS}	0,24 ^{NS}	1,02 ^{NS}
Resíduo	20	0,08	0,45	0,50
CV (%)		4,31	5,37	4,77
Médias (mm dia⁻¹)				
S ₁ (0,8 dS m ⁻¹)		7,76	15,20	19,95
S ₂ (1,6 dS m ⁻¹)		7,77	15,68	18,69
S ₃ (2,4 dS m ⁻¹)		6,39	12,39	16,24
S ₄ (3,2 dS m ⁻¹)		5,29	10,32	10,26
S ₅ (4,0 dS m ⁻¹)		5,02	8,93	9,27

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} não significativo

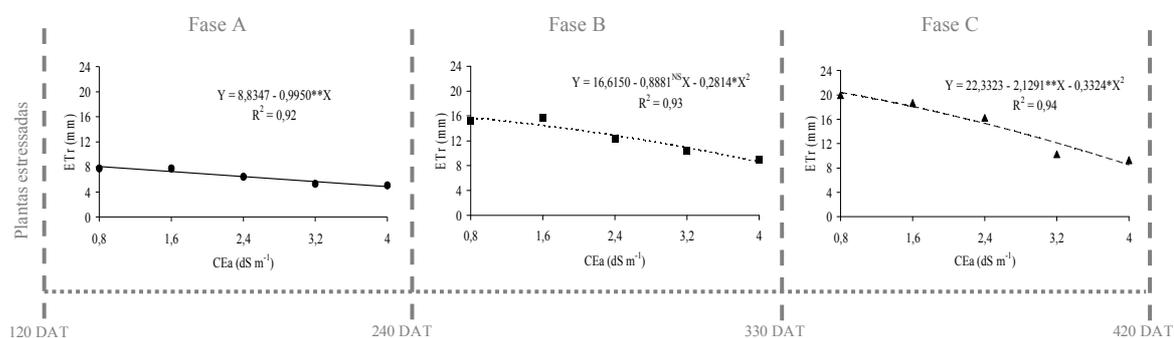


Figura 4. Evapotranspiração real (ETr) média na prefloração (fase A), floração (fase B) e frutificação (fase C) de plantas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 120, 90 e 90 dias após estresse salino, respectivamente

O efeito osmótico da salinidade fica evidenciado e indica que as plantas sofreram estresse hídrico induzido pelo estresse salino (seca fisiológica); a concentração de sais solúveis na zona radicular resulta em diminuição no potencial osmótico da solução do solo e no fluxo de água, no sentido solo-planta-atmosfera, com redução consequente da transpiração da planta, afetando seu crescimento (RHOADES & LOVEDAY, 1990). Plantas de cajueiro anão precoce cultivadas em solução nutritiva contendo 100 mmol_c L⁻¹ de NaCl, em casa de vegetação, sofreram redução significativa nas taxas de transpiração induzida pelo efeito osmótico (VIÉGAS et al., 2004).

Existe uma relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento das plantas; a evapotranspiração e o crescimento são máximos quando a necessidade hídrica da planta é

plenamente satisfeita (DOORENBOS & KASSAM, 1994). Por outro lado, sob restrição de água ocorre redução no crescimento, fato observado no presente estudo, uma vez que a diminuição do potencial osmótico da solução do solo, ocorrida pelo aumento da salinidade da água, resultou em redução no consumo de água e no crescimento das plantas.

Na comparação de médias (Tukey - $p < 0,05$) entre tratamentos (Tabela 4), as plantas submetidas à irrigação com água de menor salinidade no primeiro ano de ciclo (T_{13}), tiveram maior ETr (média) diária ($19,95 \text{ mm dia}^{-1}$), embora não tenham diferido estatisticamente dos cajueiros irrigados com águas salinas de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, na prefloração [T_4 (média de $18,79 \text{ mm dia}^{-1}$)], e $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, na floração e na frutificação [T_2 (média de $18,79 \text{ mm dia}^{-1}$) e T_3 (média de $18,69 \text{ mm dia}^{-1}$)]; contrariamente, os cajueiros irrigados com água salina de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ no último estágio de cultivo, fase C (T_{12}), tiveram menor ETr (média) diária ($9,27 \text{ mm dia}^{-1}$), apesar de não terem divergido estatisticamente das plantas irrigadas com águas salinas de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$, na frutificação [T_9 (média de $10,26 \text{ mm dia}^{-1}$)], e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, na floração [T_{11} (média de $9,83 \text{ mm dia}^{-1}$)].

Os dados da análise do material de solo (parte solúvel) no final cada estágio fenológico estão resumidos Figura 5. Não houve tendência de aumento e/ou diminuição no pHes com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, porém na profundidade de 0 a 0,30 m, o pHes diminuiu com o aumentando a salinidade da água, ao contrário da profundidade de 0,30 a 0,60 m. Ainda se observa que o pHes diminuiu após a aplicação do estresse salino na fase A, quando as plantas passaram a ser irrigadas com água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, principalmente na profundidade de 0,30-0,60 m.

O acúmulo de sais na profundidade de 0,30-0,60 m foi superior ao da superfície do solo (0-0,30 m); em geral, em cultivos irrigados, onde não se protege o solo das perdas de água por evaporação e por infiltração lateral, a condutividade elétrica é maior na superfície (DIAS, 1998). No caso em estudo, com perdas por infiltração lateral quase nula, o carreamento provocou o acúmulo de sais nas camadas mais profundas do perfil, como pode ser observado na superioridade da condutividade elétrica do extrato de saturação nos tratamentos mais salinos; comparando-se o efeito dos tratamentos na evolução da salinidade, nota-se que o aumento foi diretamente relacionado à concentração de sais na água de irrigação, haja vista que esta tendência foi constatada em todas as fases.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias dos tratamentos para evapotranspiração real (ETrFrutificação) na frutificação do clone CCP76 de cajueiro anão precoce, aos 90 dias após estresse salino

Fontes de Variação	GL	ETrFrutificação	
		Valor de Quadrado Médio	
Tratamentos	12	84,05 **	
Bloco	5	1,15 ^{NS}	
Resíduo	60	0,81	
CV (%)		5,85	
		Médias (mm dia ⁻¹)	
T ₁ [S ₂ (1,6 dS m ⁻¹) A]		18,07	b
T ₂ [S ₂ (1,6 dS m ⁻¹) B]		18,79	ab
T ₃ [S ₂ (1,6 dS m ⁻¹) C]		18,69	ab
T ₄ [S ₃ (2,4 dS m ⁻¹) A]		18,79	ab
T ₅ [S ₃ (2,4 dS m ⁻¹) B]		17,16	bc
T ₆ [S ₃ (2,4 dS m ⁻¹) C]		16,24	c
T ₇ [S ₄ (3,2 dS m ⁻¹) A]		16,07	c
T ₈ [S ₄ (3,2 dS m ⁻¹) B]		13,08	d
T ₉ [S ₄ (3,2 dS m ⁻¹) C]		10,26	e
T ₁₀ [S ₅ (4,0 dS m ⁻¹) A]		14,10	d
T ₁₁ [S ₅ (4,0 dS m ⁻¹) B]		9,83	e
T ₁₂ [S ₅ (4,0 dS m ⁻¹) C]		9,27	e
T ₁₃ [S ₁ (0,8 dS m ⁻¹) ABC]		19,95	a
dms		1,79	

** significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} não significativo; (dms) diferença mínima significativa; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

O solo no final da fase A apresentava uma condutividade elétrica na camada de 0-0,30 m de 1,96, 1,87, 2,54, 4,27 e 4,93 dS m⁻¹ e, no final do ensaio, atingiu valores de 1,02, 1,28, 1,00, 1,02 e 1,46 dS m⁻¹, e na camada de 0,30-0,60 m tinha 1,48, 4,18, 5,47, 6,14 e 7,03 dS m⁻¹ ao término da fase A passando para 1,48, 2,60, 1,48, 1,10 e 2,10 dS m⁻¹, para as águas de irrigação de CE de 0,8, 1,6, 2,4, 3,2 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente.

Denotando-se, portanto, nas duas profundidades estudadas, ter havido acúmulo de sais no solo, sendo diretamente proporcional aos níveis de salinidade da água de irrigação, sendo a intensidade de acumulação maior na camada de 0,30-0,60 m, tendo a CEes atingido valores de 55,26, 53,56, 30,46 e 29,87% superior aos da camada de 0-0,30 m, para os tratamentos T₁, T₄, T₇ e T₁₀, respectivamente, no final da fase A, e de 50,77, 32,43, 7,27 e 30,48%, no final da fase C.

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 a metade da umidade de saturação. Os valores de pressão osmótica da solução do solo aumentaram com a elevação da CEa de irrigação e com a profundidade do solo, reforçando a redução da taxa de evapotranspiração real ocorrida nos níveis de salinidade mais altos, confirmando observações de Menguel & Kirkby (1987) e Rhoades & Loveday (1990).

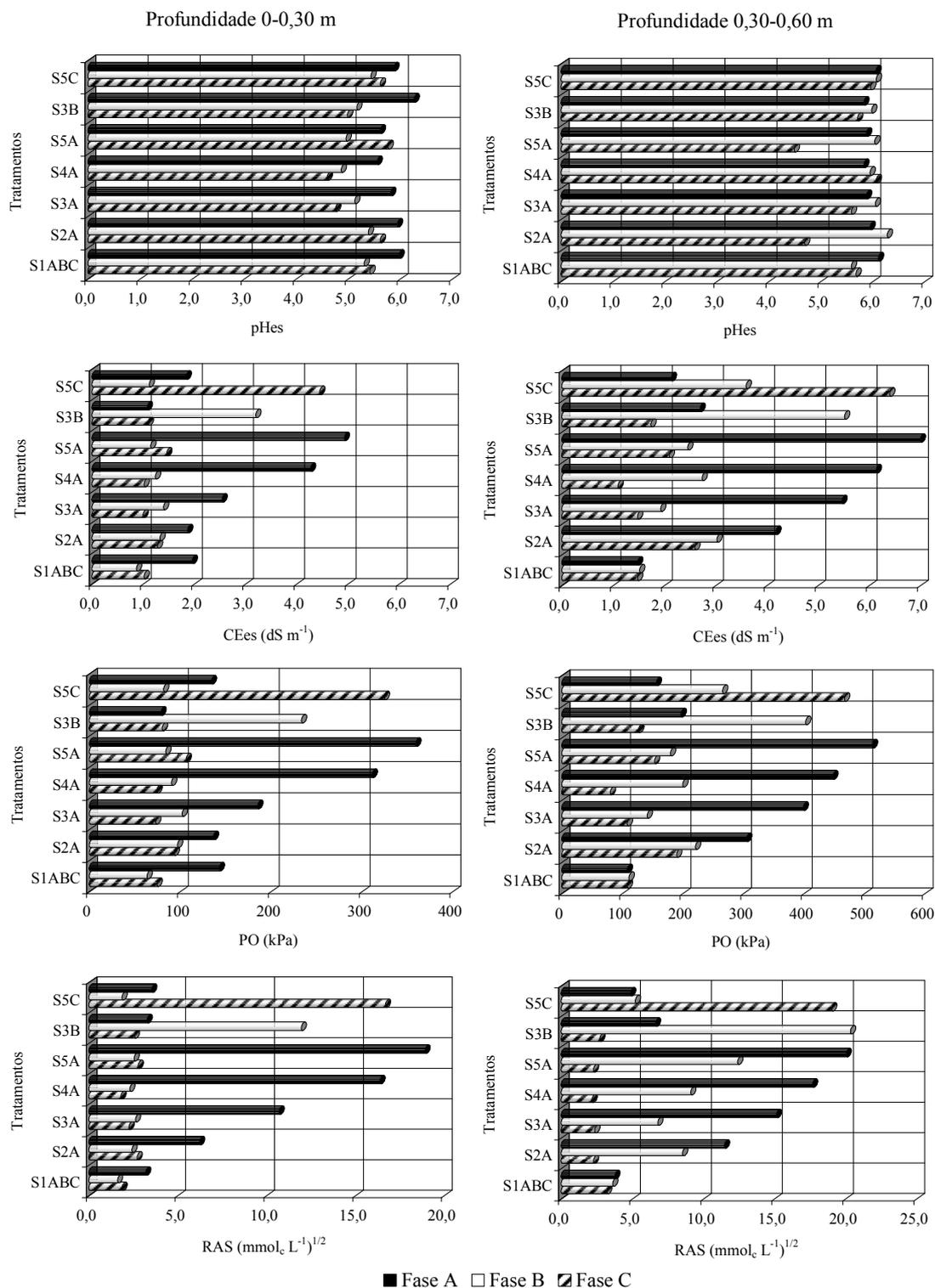


Figura 5. pH (pHes) e condutividade elétrica (CEes) do extrato de saturação do solo, pressão osmótica (PO) do solo na umidade de capacidade de campo e razão de adsorção de sódio (RAS) em função dos níveis e das épocas de aplicação de águas salinas

Os valores de RAS, em função dos níveis de salinidade de água de irrigação, aumentaram nas duas profundidades. Os aumentos mais acentuados foram verificados na camada de 0,30-0,60 m, onde também foram encontrados os maiores valores de CEes (Figura 5), tendo a RAS atingido valores superiores a 18 e 20 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)^{0,5}, no nível S₅, nas camadas de 0-0,30 e 0,30-0,60 m, respectivamente.

O aumento dos valores de RAS foi devido ao incremento de sódio solúvel na solução do solo, que atingiu valores médios de 45 e 69 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ nas duas camadas, respectivamente, uma consequência da aplicação de águas salinas preparadas com sódio em base de cloreto. No final da fase C, as plantas que sofreram estresse salino na fase A, os valores de RAS foram praticamente iguais nas duas camadas, possivelmente por ter havido lixiviação de sais de sódio para a água de drenagem. Os aumentos da CEes do solo, já discutidos, contribuíram também para a ocorrência desse fato.

De acordo com a literatura, uma característica universal da salinidade é a presença em altas concentrações dos íons de sódio e cloreto na solução do solo (EPSTEIN & RAINS, 1987); 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 freqüentes são provocados, principalmente, pelos íons cloreto e sódio contidos na água de irrigação. Neste estudo, além do efeito osmótico da salinidade, também ocorreu problemas de toxicidade, provavelmente pelo sódio; observou-se, nos níveis S₄ e S₅, necrose no ápice e nas bordas das folhas mais velhas, espalhando-se em todo limbo foliar e resultando na abscisão das mesmas (Figura 6). Bernstein (1965) também registrou danos severos em folhas de várias frutíferas causados por sódio.

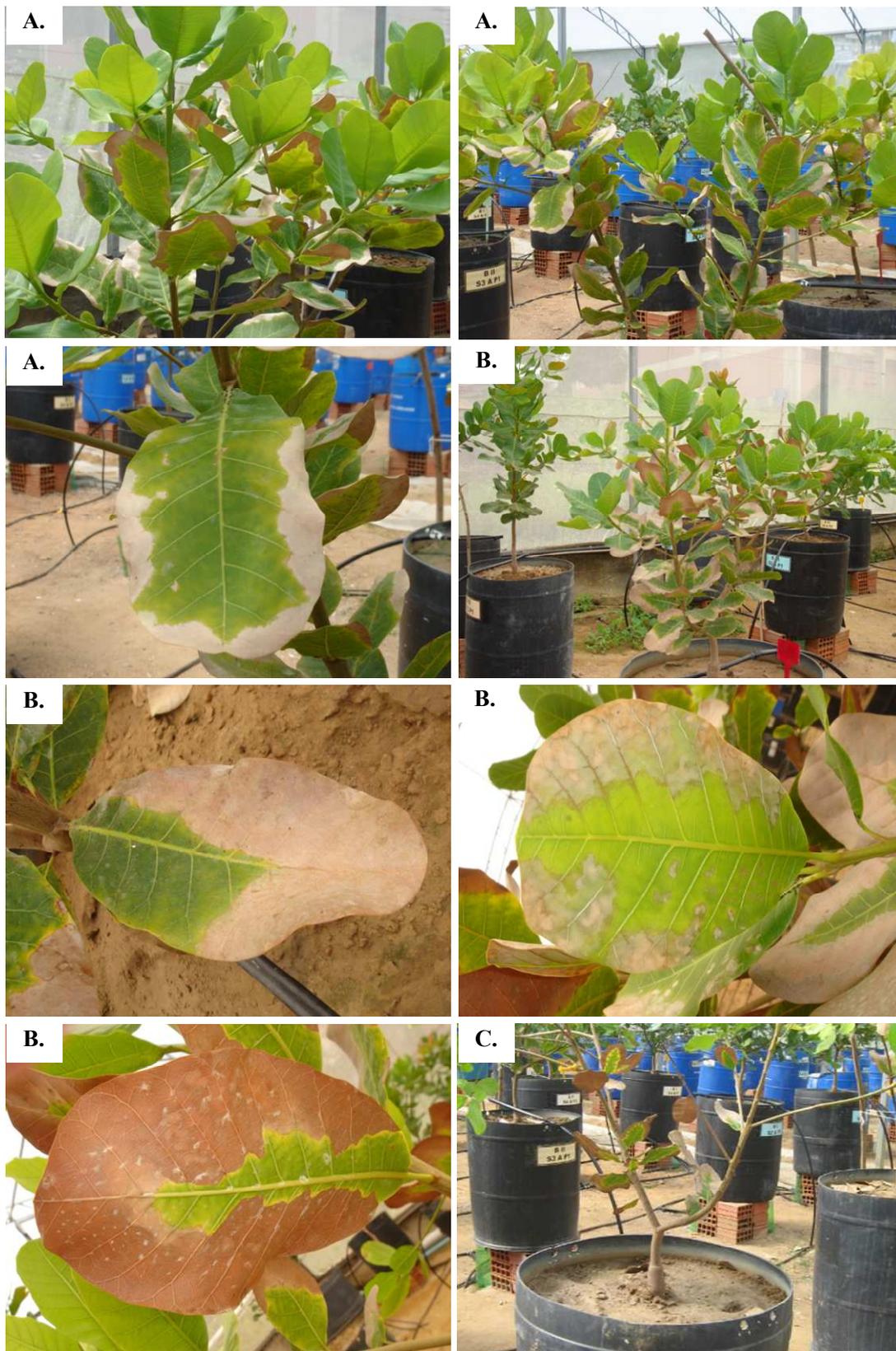


Figura 6. Sintomas de toxicidade de sódio em plantas do clone CCP76 de cajueiro anão precoce, aos 60 (A), 90 (B) e 120 (C) dias de estresse salino na prefloração

4 CONCLUSÕES

A evapotranspiração real decresce linearmente, na prefloração, e de forma quadrática, na floração e frutificação, com o aumento da salinidade da água a partir de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, em decorrência do aumento da salinidade do solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2000: anuário de agricultura brasileira. **Caju: anão precoce fará diferença** São Paulo: FNP: M&S: Argos, 2000. p. 244-248.

AGRIANUAL 2001: anuário de agricultura brasileira. **Caju: comercialização.** São Paulo: FNP: M&S: Argos, 2002. p. 245-248.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. **A qualidade da água na irrigação do tropico semi-árido – um estudo de caso.** In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p 147-153.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na Agricultura.** Campina Grande: UFPB. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. 1991, 218 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; LIMA, A. C. **Seleção de clones de cajueiro anão precoce para o plantio comercial no Estado do Ceará.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 11, p. 1-14, 2000.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2007. 596p.

BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops.** Washington: Unite States Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin nº 292. 1965.

BEZERRA, M.A.; LACERDA, C.F. de; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. **Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.90-94, 2005.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; VIANA, S. B. A. **Salt tolerance of precocious drawf cashew rootstocks - physiological and growth indexes.** Scientia Agrícola, v. 61, n. 1, p. 9-16, 2004.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil.** São Paulo, Ed. Moderna. 1982. 368p.

CORDEIRO, J.C. **Salinidade da água, fontes e níveis sobre a germinação e formação de mudas de mamoeiro Havaí.** Areia: UFPB, 1997. 49p. Dissertação de Mestrado.

DAKER, A. **A água na agricultura.** 7a ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 1988, 543p.

DIAS, I. M. **Ação da água salgada na salinização de um solo não salino cultivado com sorgo forrageiro**. Areia: UFPB. 1998. 33p. (Monografia de Graduação)

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do cajueiro**. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br> em 13/09/2004.

EPSTEIN, E., RAINS, D. W. **Advances in salt tolerance**. Plant and soil, The Hague, v. 99, p. 17-29, 1987.

FAO. **Crops and drops: making the best use of water for agriculture**. Rome: FAO, 2002. 22p.

GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. In: Simpósio "Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada". Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

HEUER, B. **Photosynthetic carbon metabolism of crops under salt stress**. In: Pessaraki, M. (ed.). Handbook of Photosynthesis. New York: Marcel Dekker, 1997. p.887-896.

IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. **Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations**. Journal of Plant Nutrition, New York, v.14, p.687-699, 1991.

LAUCHLI, 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.

MAAS, E. V. **Salt tolerance of plants**. Applied Agric. Research, v. 1, p. 12-26, 1986.

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. IR2, p. 115-134. 1977.

MENGUEL, K.; KIRBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern: Intern. Potash. Inst., 1987. 687 p.

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).

- RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory. 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60)
- SANTOS, J. W. dos; MOREIRA, J. de A. N.; BELTRÃO, N. E. M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.225-230, 1998.
- SHANNON, M.C. **Adaptation of plants to salinity**. Advances in Agronomy, San Diego, v.60, p.75-120, 1997.
- STROGONOV, B.P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Program Science Translation, 1964. 279p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. da; SILVA, L. M. de M.; VIÉGAS, P. R. A.; QUEIROZ, J. E.; ROCHA, I. M. A. **Redução assimilatória de NO₃⁻ em plantas de cajueiros cultivados em meio salino**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, p.189-195, 2004.
- ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.