

## Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade<sup>1</sup>

Physiologic responses of precocious dwarf cashew at different levels of salinity

**Aiala Vieira Amorim<sup>2</sup>, Enéas Gomes Filho<sup>3\*</sup>, Marlos Alves Bezerra<sup>4</sup>, José Tarquinio Prisco<sup>5</sup> e Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>6</sup>**

**Resumo -** A salinidade é um estresse que altera o desenvolvimento dos vegetais, limitando a produção agrícola. Portanto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito desse estresse no potencial osmótico, no conteúdo de solutos inorgânicos e orgânicos, nas trocas gasosas (fotossíntese, transpiração e condutância estomática) e na produção de plantas adultas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, Ceará, durante os meses de agosto a dezembro de 2006. As plantas foram submetidas a níveis crescentes de salinidade, utilizando-se água de irrigação com condutividade elétrica (CEa) de 0,5 (controle); 4,0, 8,0 e 12 dS m<sup>-1</sup>. Os dados foram coletados mensalmente e submetidos à análise estatística. Apesar da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ter aumentado com a salinidade, não foram observadas diferenças significativas no potencial osmótico foliar, nas trocas gasosas ou nos teores dos solutos orgânicos e inorgânicos entre os tratamentos. Com exceção do potencial osmótico foliar e das trocas gasosas, os demais parâmetros estudados variaram ao longo do experimento em função do estádio fenológico das plantas, com os maiores valores encontrados na época de frutificação. Portanto, o estresse salino não foi suficiente para causar mudanças significativas no desenvolvimento e na produtividade das plantas estudadas.

**Palavras-chave** - *Anacardium occidentale*. Solos-salinidade. Solutos orgânicos. Solutos inorgânicos. Trocas gasosas foliares.

**Abstract -** Salinity is an abiotic stress that alters the plant development, limiting plant production. At the present experiment, it was evaluated the effect of salt stress on osmotic potential, content of organic and inorganic solutes, gas exchanges (photosynthesis, transpiration and stomatal conductance) and production of precocious dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.). For this, the experiment was carried out at Embrapa Agroindústria Tropical experimental station, in Pacajús, Ceará, Brazil, during the months of August to December. The plants were subjected to increasing levels of salinity using irrigation water with electrical conductivity (EC<sub>w</sub>) of 0.5 (control), 4.0, 8.0 and 12.0 dS m<sup>-1</sup>. The data were collected monthly and subjected to statistic analyses. Although the electrical conductivity of soil saturation extract (EC<sub>se</sub>) increased with salinity, there were no significant differences between treatments for osmotic potential, gas exchange and levels of organic and inorganic solutes. With the exception of leaf osmotic potential and gas exchange, all the others parameters studied varied along the experiment in function of the phenophisiological stage of the plant, presenting greater values in the fructification period. So, the salinity stress was not enough to cause significant changes in growth and productivity of the plants.

**Key words** – *Anacardium occidentale*. Soil-salinity. Organic solutes. Inorganic solutes. Leaf gas exchange.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 25/03/2009; aprovado em 09/02/2010

Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia e Fitotecnia, CCA/UFC, Fortaleza-CE, Brasil, aialaamorim@hotmail.com

<sup>3</sup>Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, CC/UFC e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, INCTSAL/CNPQ, Fortaleza-CE, Brasil, egomesf@ufc.br

<sup>4</sup>Embrapa Agroindústria Tropical e INCTSAL/CNPQ, Fortaleza-CE, Brasil, marlos@cnpat.embrapa.br

<sup>5</sup>Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, CC/UFC e INCTSAL/CNPQ, Fortaleza-CE, Brasil, jtprisco@superig.com.br

<sup>6</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, CCA/UFC e INCTSAL/CNPQ, Fortaleza-CE, Brasil, cfeitosa@ufc.br

## Introdução

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento e a produtividade das plantas em todo mundo (VAIDYANATHAN et al., 2003). Em geral, esse efeito limitante é ocasionado pela ação osmótica e tóxica dos íons (MUNNS, 2002). A região semi-árida do Nordeste brasileiro apresenta alto teor de sais em grande parte das fontes de água (GUILHERME et al., 2005), sendo que seu uso na irrigação pode induzir modificações fisiológicas e comprometer o desenvolvimento de várias culturas.

O excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, causando estresse osmótico, o que resulta em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais além do acúmulo de íons tóxicos. Entretanto, as respostas das plantas à salinidade são complexas e de difícil compreensão por envolverem vários genes e diversos mecanismos fisiológicos e bioquímicos (HASEGAWA et al., 2000). Além disso, as plantas podem se comportar de forma variada em relação aos limites de tolerância a salinidade, dentro de uma mesma espécie pode haver variações entre genótipos nos quais os efeitos podem variar entre as fases de desenvolvimento (NEVES et al., 2008).

Uma das principais culturas perenes do Nordeste brasileiro é o cajueiro, pertencente a família Anacardiaceae a qual é composta de 60 a 74 gêneros e de 400 a 600 espécies (BEZERRA et al., 2007). Esta cultura está dispersa sobre uma extensa zona intertropical, entre os paralelos 27° N, no sudeste da Flórida, e 28° S, na África do Sul (VIEIRA et al., 2005). Entretanto, a maior diversidade pode ser encontrada nos vários ecossistemas do Nordeste brasileiro, principalmente ao longo da zona costeira, a qual é formada em parte de praias, vegetação em dunas e restinga (BARROS et al., 2002). Nessa região, o cajueiro é cultivado em cerca de 700 mil ha (OLIVEIRA et al., 2006) e seu cultivo é direcionado, principalmente, para produção de castanha, uma das mais comercializadas no mercado internacional (BEZERRA et al., 2007). Os países que mais produzem castanha são Vietnã, Índia, Brasil, Nigéria e Indonésia (FAO, 2006).

A cultura do caju desenvolve-se bem em ambiente semi-árido, mas como nesse local existe uma ocorrência intensa de problemas associados com a disponibilidade de água e excesso de sais no ambiente radicular (BEZERRA et al., 2007), é necessário estudos que possam esclarecer melhor o efeito desses fatores no desenvolvimento dessa cultura. Alguns trabalhos realizados em cajueiro anão precoce fazem referência ao efeito tóxico e limitante da salinidade, (ALVAREZ, 2006; VIÉGAS et al., 2001), porém esses trabalhos foram efetuados em plântulas, não abordando plantas adultas.

No intuito de encontrar informações que possam contribuir para aperfeiçoar a cajucultura, em situações de estresse salino, no presente trabalho buscou-se determinar o efeito da irrigação com água de diferentes níveis de salinidade na fisiologia e na produção de plantas adultas de cajueiro anão precoce.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus, pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical (4° 10' S; 38° 27' W, 60 m), durante os meses de agosto a dezembro de 2006. O pomar de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) foi formado em 1997, em solo com predominância de areia quartzosa distrófica, a partir de mudas enxertadas do clone CCP-76 sobre o clone CCP-06. Em 2003, este pomar foi submetido à poda drástica.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, em arranjo fatorial 4x5, com o primeiro fator correspondendo aos tratamentos e o segundo as épocas de amostragem. O espaçamento utilizado foi 8 x 6 m, com quatro plantas por parcela, em uma área de aproximadamente 0,4 ha.

As plantas foram adubadas de acordo com o sistema preconizado pela Embrapa Agroindústria Tropical. No período, a precipitação pluviométrica do local foi de 3,8; 4,0; 0,0; 9,0 e 0,0 mm, respectivamente, nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. A média de umidade relativa do ar foi de 71,6% e a temperatura média de 26,3 °C.

Os tratamentos consistiram na irrigação com água de poço ( $CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) ou soluções salinas de  $CEa$  de 4,0; 8,0 e 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ . As soluções foram preparadas em reservatórios de PVC com capacidade para 5000 L, sendo utilizados  $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2$ , na proporção de 7:3. A concentração de sais foi calculada a partir da relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação ( $CEa$ ), expressa em  $\text{dS m}^{-1}$ , e a concentração de sais solúveis ( $C$ ), expressa em  $\text{mmol L}^{-1}$ , em que:  $C = CEa \times 10$  (RHOADES et al., 1992). O método de irrigação usado foi o de microaspersão, utilizando cerca de 100L de água aplicados em cada planta três vezes por semana.

Para cada unidade experimental, foram coletadas mensalmente amostras de solo, a uma profundidade de 15 cm, para medir sua condutividade elétrica. Para tanto, em 50  $\text{cm}^3$  de solo peneirado, foram adicionados 50 mL de água desionizada, seguido de homogeneização e repouso por um período de 16 a 18 h. Em seguida,

a amostra foi filtrada em papel de filtro com auxílio de vácuo. O filtrado, que corresponde ao extrato de saturação do solo, foi usado para a determinação da condutividade elétrica (CEes), utilizando o condutivímetro (Conductometer METROHM, modelo 644, Suíça) de acordo com Richards (1954).

A taxa de assimilação líquida de carbono ( $A$ ), a taxa de transpiração ( $E$ ) e a condutância estomática ( $g_s$ ) foram medidas uma vez por mês, em folhas completamente desenvolvidas, com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdon). As medições foram realizadas sempre entre 9 e 12 h, com radiação saturante, na temperatura e umidade ambiente.

Mensalmente, foram realizadas coletas de folhas completamente expandidas, nos quatro pontos cardinais do terço médio externo da copa. Após a coleta, as folhas foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e, em seguida, transportadas em ambiente refrigerado até o laboratório, onde as mesmas foram maceradas e o pó resultante armazenado a 5 °C.

O potencial osmótico ( $\Psi_s$ ) foi determinado a partir do suco celular, o qual foi obtido à temperatura ambiente, após centrifugação do macerado das folhas em almofariz. Do líquido obtido, utilizou-se uma alíquota de 100 µL para determinação do potencial osmótico em um osmômetro (Osmometer Automatic, Type 13/13DR-Autocal, Advanced Instruments Inc., Needham Heights, Massachusetts, EUA), sendo o valor expresso em MPa.

Os extratos, para determinação de solutos, foram obtidos a partir de 100 mg do pó lyophilizado das folhas, os quais foram homogeneizadas com 10 mL de água desionizada durante 30 min, sob agitação constante. Em seguida, o homogenato foi centrifugado a 3000 x g por 10 min, sendo o sobrenadante filtrado e armazenado a -25 °C. A determinação de prolina livre foi realizada de acordo com Bates et al. (1973). Os teores de N-aminossolúveis foram determinados de acordo com Yemm e Cocking (1955) e os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956). Os teores de sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama, segundo Malavolta et al. (1989), e os de cloreto foram estimados através de leituras de absorbância em 460 nm (GAINES et al., 1984). Os teores de solutos orgânicos foram expressos em µmol g<sup>-1</sup> MS e os inorgânicos em mg g<sup>-1</sup> MS.

Para avaliação da produção e da produtividade, foram realizadas quatro coletas de frutos, nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Após cada coleta, as castanhas foram separadas do pedúnculo e postas para secar até que atingissem 15% de umidade, quando

foram então pesadas. A produção foi expressa em castanha planta<sup>-1</sup> e a produtividade em kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) e os dados ajustados pela análise de regressão.

## Resultados e discussão

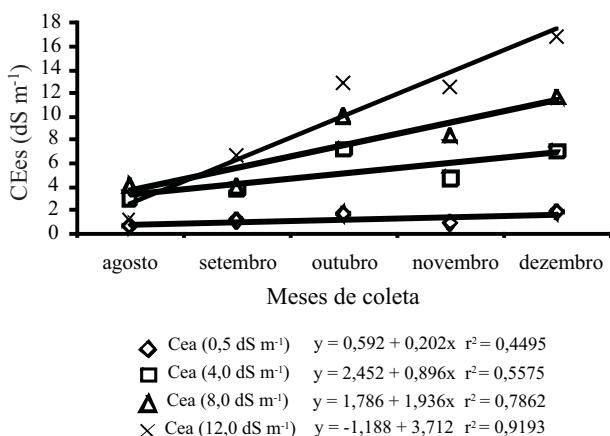
O aumento da salinidade da água de irrigação (CEa) provocou alterações significativas na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), entre os tratamentos aplicados e nas diferentes épocas em que foram realizadas as determinações (Tabela 1). Tais resultados demonstram que os sais se acumularam progressivamente no solo com o aumento dos sais na água de irrigação (Figura 1). No nível mais elevado de salinidade da água de irrigação, o valor da CEes, no mês de dezembro, foi de 16,8 dS m<sup>-1</sup>, portanto, um valor 40% maior do que aquele da água de irrigação. Ao final do experimento, todos os tratamentos salinos apresentaram valores de CEes bem acima do limite de salinidade proposto para a classificação dos solos como salinos (4,0 dS m<sup>-1</sup>), tanto pelo Laboratório de Salinidade dos EUA (RICHARDS, 1954) como pela Sociedade Americana de Ciência do Solo (BOHN et al., 1979). Aumento linear da CEes, em função da CE da água de irrigação, foi observado por Guilherme et al. (2005).

Os valores de  $\Psi_s$  foliares, em função dos tratamentos, não se ajustaram a nenhuma curva de tendência nas diversas épocas estudadas. Dessa forma, os mesmos foram representados pelas médias, que ficaram em torno de -1,46 MPa (Figura 2). O fato dos  $\Psi_s$  foliares das plantas dos tratamentos salinos não terem diferido daqueles das plantas do controle sugere que os sais aplicados não provocaram estresse salino nas plantas, uma vez que uma das primeiras respostas

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância para condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) do pomar de cajueiro anão precoce irrigado com água de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Pacajus-CE, 2006

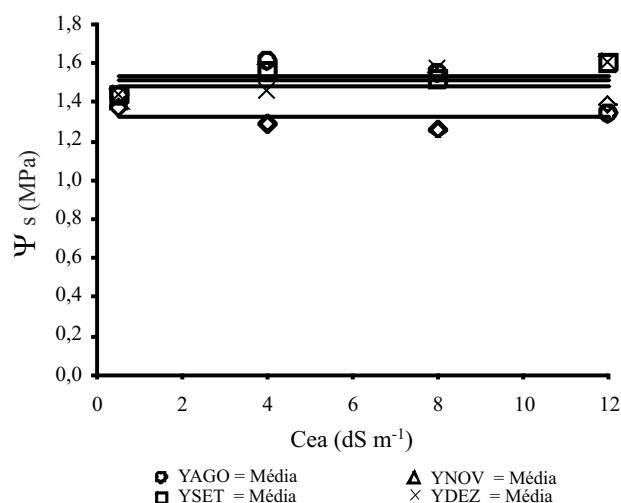
Fonte de variação	Quadrado médio
Tratamento	279,54*
Época	134,71*
Tratamento x Época	26,03*
Resíduo	1,22
CV (%)	18,53

(\*): Significativo ( $P \leq 0,05$ )



**Figura 1** - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) de plantas de cajueiro anão precoce, em função da condutividade elétrica da água (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) e dos meses de coleta. Pacajus-CE, 2006

em função da CEa, foram obtidas curvas de tendência com significância estatística apenas para os valores de  $E$  e  $g_s$ , no mês de novembro (Figura 3B e 3C), sendo os demais valores representados por suas médias. As variações na transpiração e na condutância estomática que ocorreram no mês de novembro não afetaram a taxa fotossintética (Figura 3A), levando a conclusão de que os tratamentos salinos podem não ter afetado as trocas gasosas. Esses resultados indicam que o efeito da salinidade em plantas de cajueiro pode diferir ao longo da idade da cultura, pois, enquanto no presente trabalho, com plantas adultas, a irrigação com água salina não alterou a taxa fotossintética, Mesquita et al. (2007), verificaram uma diminuição da taxa fotossintética de plântulas de cajueiro anão irrigadas com solução salina.



**Figura 2** - Potencial osmótico foliar ( $\Psi_s$ ) de plantas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ ). Pacajus-CE, 2006

das plantas à salinidade é o abaixamento do  $\Psi_s$  foliar (LACERDA et al., 2003). Alvarez Pizarro (2006), trabalhando com plântulas de cinco clones de cajueiro anão precoce, observou que o  $\Psi_s$  foliar não foi afetado pela salinidade do substrato de cultivo até 8  $\text{dS m}^{-1}$ .

Os parâmetros relacionados às trocas gasosas: fotossíntese líquida ( $A$ ), transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) não se alteraram significativamente em função dos tratamentos, embora os dois últimos tenham variado em função das épocas das medições (Tabela 2). Na análise de regressão dos valores dessas grandezas,

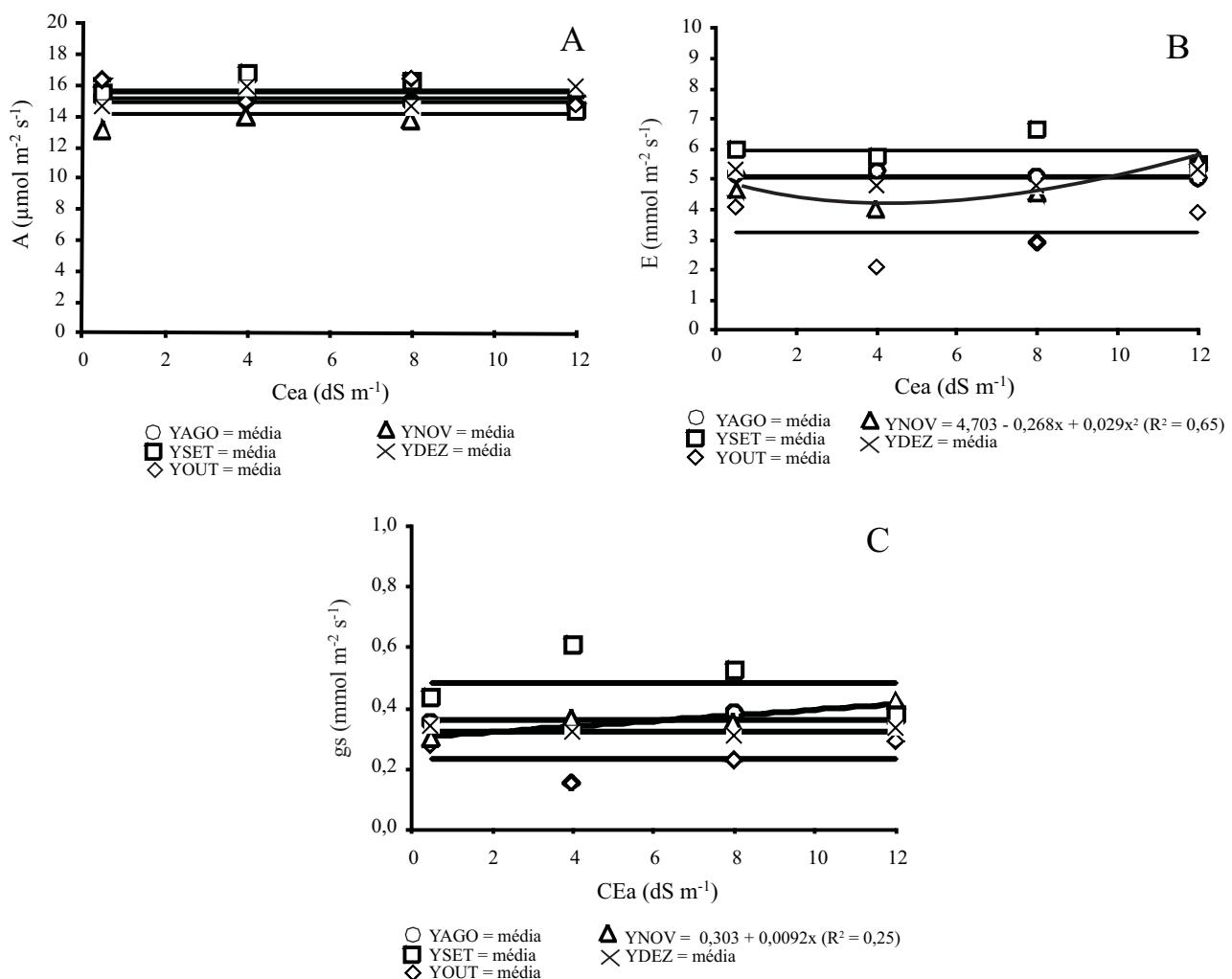
**Tabela 2** - Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida ( $A$ ), transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) de folhas de cajueiro anão precoce cultivado com água salina de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ ). Pacajus-CE, 2006

Fonte de variação	Quadrado médio		
	$A$	$E$	$g_s$
Tratamento	0,59 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Época	6,30 <sup>ns</sup>	15,97*	0,13*
Tratamento x Época	3,68 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Resíduo	3,70	1,19	0,88
CV (%)	12,72	22,75	26,55

(\*): Significativo e (ns): não significativo ( $P \leq 0,05$ )

Os teores foliares de carboidratos solúveis, N-aminossolúveis e  $\text{Cl}^-$  diferiram entre os tratamentos, ao contrário dos teores de prolina,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . Entretanto, todos esses parâmetros foram distintos em relação às épocas em que ocorreram as determinações, sem interação entre os dois fatores (Tabela 3).

Os teores de carboidratos solúveis foram modificados pelos tratamentos salinos apenas nos meses de setembro e novembro (Figura 4A), com ajuste linear no mês de setembro e quadrático no mês de novembro. No entanto, embora estatisticamente significativo, esse aumento foi relativamente pequeno. Abreu et al. (2008) não verificaram diferenças significativas na concentração de carboidratos em folhas e raízes de plântulas de cajueiro anão precoce submetidas

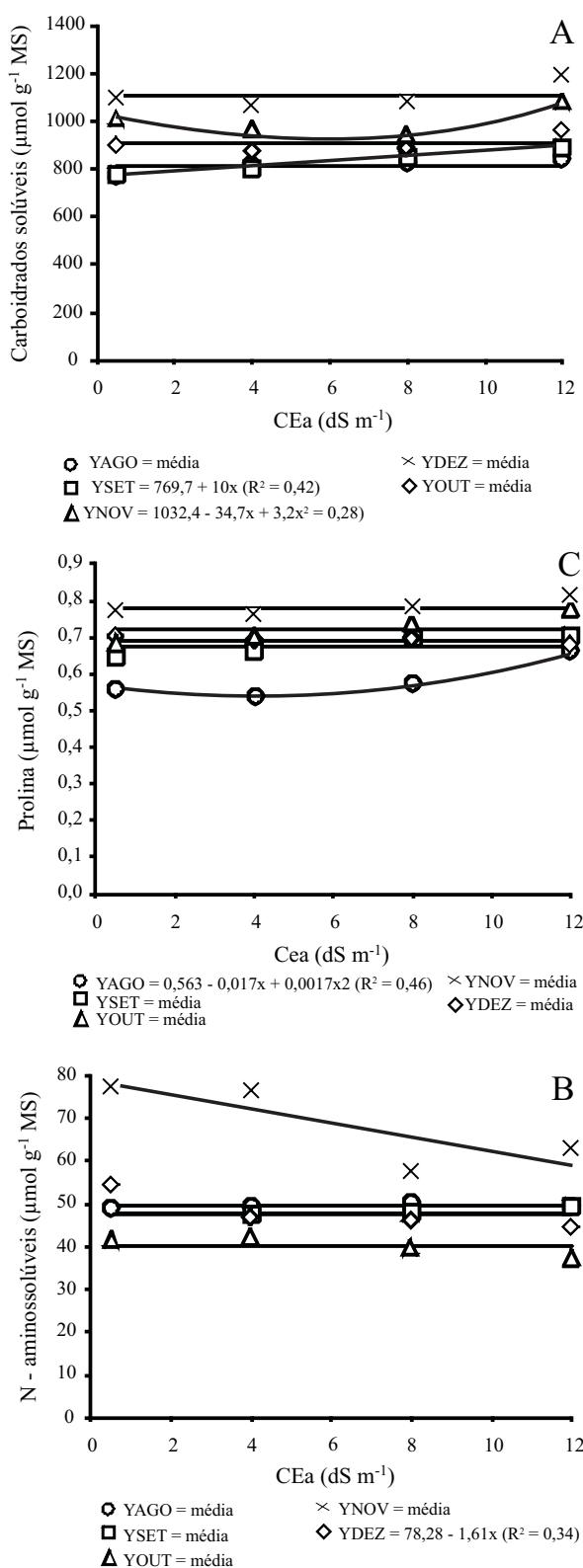


**Figura 3** - Fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática ( $g_s$ ) foliar de plantas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Pacajus-CE, 2006

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância para carboidrato solúvel (Cb. Sol.), N-aminossolúvel (N-am. Sol.), prolina (Pro),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  de folhas de cajueiro anão precoce irrigado com água de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Pacajus-CE, 2006

Fonte de variação	Quadrado médio					
	Cb. Sol.	N-am. Sol.	Pro	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{K}^+$
Trat. (T)	35410,42**	142,63*	0,13 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	2,94 **	1,70 <sup>ns</sup>
Época (E)	241196,10**	1759,98**	0,83**	117,55**	34,02**	156,6**
T x E	3515,92 <sup>ns</sup>	88,4 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
Resíduo	6861,11	49,93	0,67	0,59	0,60	0,739
CV (%)	8,90	13,91	11,92	11,93	8,46	8,63

(\*) Significativo e (ns) não significativo ( $P > 0,05$ ); (\*\*) significativo ( $P \leq 0,01$ )



**Figura 4** - Carboidratos solúveis (A), N-aminossolúveis (B) e prolina (C) em folhas de cajueiro anão-precoce irrigadas com águas de diferentes condutividades elétricas (CEa = 0,5; 4,0; 8,0 e 12,0 dS m⁻¹). Pacajus-CE, 2006

à salinidade. Entretanto, em halófitas, o acúmulo de carboidratos tem sido vastamente relatado como resposta à salinidade (MURAKEOZY et al., 2003).

Os carboidratos solúveis nas folhas aumentaram progressivamente ao longo do período experimental, independente dos tratamentos salinos (Tabela 4). Por outro lado, os níveis de sais utilizados não causaram estresse significativo às plantas e as variações que ocorreram podem estar associadas apenas à fenofisiologia do cajueiro anão precoce.

Da mesma forma que os carboidratos solúveis, os teores foliares de N-aminossolúveis variaram com os tratamentos e a época das coletas (Tabela 3), porém, a análise de regressão dos dados não mostrou curvas de tendências significativas, em função da salinidade nas diversas épocas estudadas, exceto aquela para o mês de dezembro (Figura 4B). Nesse mês, os dados se ajustaram a um modelo linear, de modo que os níveis de sais promoveram decréscimos nas quantidades desses osmólitos. Ao longo do experimento, os teores de N-aminossolúveis na folha aumentaram, independentemente dos tratamentos salinos, atingindo no mês de dezembro um valor médio 37,9% maior que aquele do início do experimento (Tabela 4). Abreu et al. (2008) observaram um aumento na concentração de N-aminossolúvel nas folhas de plântulas de cajueiro anão precoce submetidas ao estresse salino.

Esses resultados sugerem que os aumentos nos teores desses osmólitos estejam mais associados com a fisiologia do cajueiro do que com o ajustamento osmótico, desde que o  $\Psi_s$  foliar permaneceu o mesmo durante todo o período experimental (Figura 2). Tendo em vista que os teores de carboidratos solúveis e N-aminossolúveis aumentaram sem que o  $\Psi_s$  tenha sido alterado, é possível pensar-se que outros solutos não estudados tenham decrescido seus teores ao longo do período experimental.

Os teores foliares de prolina foram alterados pelos tratamentos somente no mês de agosto (Figura 4C). O papel desse soluto orgânico na osmorregulação e tolerância à salinidade é questionado. Maggio et al. (2002) defendem que a prolina pode atuar como molécula sinalizadora e reguladora, capaz de ativar respostas múltiplas que são componentes do processo de aclimatação. Da mesma forma que os carboidratos solúveis e N-aminossolúveis, os teores foliares de prolina também aumentaram ao longo do período experimental, atingindo valores máximos nos meses de novembro e dezembro (Tabela 4).

Em relação aos solutos inorgânicos (sódio, cloreto e potássio), apenas os teores de cloreto variaram com a salinidade (Tabela 3), embora essa variação não tenha se

**Tabela 4** – Carboidratos solúveis, N-aminossolúvel e prolina de folhas de cajueiro anão precoce irrigadas com água salina, em função da época de coleta. Pacajus-CE, 2006

Mês da Coleta	Valores médios		
	Carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)	N-aminossolúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)	Prolina ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)
Agosto	811,4 d	49,60 b	0,584 c
Setembro	831,2 cd	47,69 b	0,677 b
Outubro	905,2 c	48,02 b	0,691 b
Novembro	998,9 b	40,22 c	0,724 ab
Dezembro	1106,3 a	68,39 a	0,781 a

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

**Tabela 5** - Comparação de médias para  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  de folhas de cajueiro anão precoce, em função da época de coleta.<sup>1</sup> Pacajus-CE, 2006

Mês de coleta	Valores médios		
	$\text{Na}^+$ ( $\text{mg g}^{-1}$ MS)	$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg g}^{-1}$ MS)	$\text{K}^+$ ( $\text{mg g}^{-1}$ MS)
Agosto	1,97 d	7,92 b	15,30 a
Setembro	5,87 c	7,99 b	9,95 b
Outubro	7,67 b	8,67 b	9,08 c
Novembro	8,27 ab	10,47 a	7,89 d
Dezembro	8,49 a	11,07 a	7,59 d

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

ajustado a nenhuma curva de tendência com significância estatística (Tabela 3). Dessa forma, os resultados indicam que as plantas de cajueiro anão precoce não estavam sob estresse salino severo, sugerindo a existência de um mecanismo de prevenção da ascensão dos sais para as folhas.

Da mesma forma que os solutos orgânicos, os inorgânicos variaram em função das épocas de coletas (Tabela 5), com os maiores valores sendo observados em dezembro para o sódio e o cloreto, enquanto que o teor de potássio foi menor nesse mês (Tabela 5). Em relação a agosto, os teores de sódio e de cloreto no mês de dezembro aumentaram em 331 e 39,8%, enquanto os de potássio decresceram em 50,4%.

A redução nos teores foliares de potássio e aumento nos de sódio, a partir do mês de setembro (Tabela 5), pode ser devido, em parte, à taxa de mobilização diferencial desses íons, nutrientes para as partes reprodutivas (MARSCHNER, 1995). As concentrações de  $\text{K}^+$ , nas folhas de cajueiro anão precoce, foram as maiores entre os íons analisados. Fragoso et al. (1999) verificaram que o íon potássio foi o íon mais exportado pelo pedúnculo e o segundo mais exportado pela castanha. A relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  no mês de dezembro foi cerca de 767% maior do que aquela em agosto, sendo o aumento nos teores de sódio o principal responsável pelo grande aumento

**Tabela 6** - Produção e produtividade de plantas de cajueiro anão precoce irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas ( $\text{CEa} = 0,5; 4,0; 8,0$  e  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Pacajus-CE, 2006

$\text{CEa} (\text{dS m}^{-1})$	Produção (castanhas planta <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
0,5	399,6a	670,8a
4,0	330,4a	550,8a
8,0	445,6a	726,1a
12,0	441,4a	734,5a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

nessa relação. Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  acumulados nas folhas, aparentemente não causaram toxidez, já que as plantas adultas de cajueiro anão precoce não desenvolveram características evidentes de estresse.

A salinidade da água de irrigação não afetou negativamente a produção das plantas de cajueiro anão precoce (Tabela 6). O fato da salinidade não ter afetado a produção está de acordo com os parâmetros fisiológicos e bioquímicos estudados, os quais indicaram que as plantas de cajueiro anão precoce não sofreram estresse

salino significativo, mesmo na mais elevada dose de sais na água de irrigação (12,0 dS m<sup>-1</sup>). Outra hipótese é que as plantas dos diversos tratamentos estavam absorvendo água, proveniente das camadas mais profundas do solo. Estes fatos podem ter minimizado os possíveis efeitos deletérios da irrigação localizada das plantas com águas de diferentes CEs.

Em média, a produtividade de castanhas foi de 670,6 kg ha<sup>-1</sup>, valor baixo, quando comparado ao encontrado em plantios irrigados de cajueiro anão precoce (OLIVEIRA et al., 2006). Vale salientar que esse pomar passou alguns anos sem ser adubado e irrigado, fatores que podem ter afetado o desenvolvimento normal da cultura e que podem ter contribuído para sua baixa produtividade.

## Conclusões

1. Nas condições experimentais, o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação não comprometeu o desenvolvimento e a produtividade das plantas, uma vez que não foram observadas alterações significativas na maioria dos parâmetros avaliados.
2. As alterações metabólicas foram decorrentes do estádio fenofisiológico das plantas, com os maiores valores encontrados na época de frutificação.

## Referências

- ABREU, C. E. B. de et al. Physiological and biochemical changes occurring in dwarf-cashew subjected to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 20, n. 02, p. 105-118, 2008.
- ALVAREZ PIZARRO, J. C. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância à salinidade em clones de cajueiro anão-precoce**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BARROS, L. M. et al. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: BARROS, L. M. **Caju, Produção: Aspectos Técnicos**. Brasília: Embrapa, 2002. p. 18-20.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, v. 39, n. 02, p. 205-207, 1973.
- BEZERRA, M. A. et al. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 19, n. 04, p. 449-461, 2007.
- BOHN, H. L; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. E. **Soil chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 329 p.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Comércio - cultivos y ganados primarios y derivados - caju**. 2000. Disponível em: <<http://www.apps.fao.org>>. Acesso em: 8 ago. 2006.
- FRAGOSO, H. A. et al. Exportação de macronutrientes pela castanha e pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 23, n. 03, p. 603-608, 1999.
- GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. *Agronomy Journal*, v. 76, n. 03, p. 371-374, 1984.
- GUILHERME, E. A. et al. Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 09, p. 253-257, 2005. Suplemento.
- HASEGAWA, P. M. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, v. 51, s/n, p. 463-499, 2000.
- LACERDA, C. F. et al. Crescimento e acúmulo de íons em folhas de sorgo forrageiro submetido a soluções iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl). *Revista Ciência Agronômica*, v. 34, n. 01, p. 1-6, 2003.
- MAGGIO, A. et al. Does proline accumulation play an active role in stress induced growth reduction? *The Plant Journal*, v. 31, n. 06, p. 699-712, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MESQUITA, R. O. et al. Desenvolvimento e distribuição de íons em plântulas de cajueiro anão precoce cultivadas em diferentes substratos e submetidas ao estresse salino. In: **ANNALS DO WORKSHOP MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA**, 2007, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2007. 1 CD-ROM.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, v. 25, p. 239-250, 2002.
- MURAKEOZY, E. P. et al. Seasonal changes in the levels of compatible osmolytes in three halophytic species of inland saline vegetation in Hungary. *Journal of Plant Physiology*, v. 160, n. 04, p. 395-401. 2003.
- NEVES A. L. R. et al. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 04, p. 569-574, 2008.
- OLIVEIRA, V. H. et al. Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, v. 108, n. 04, p. 403-407, 2006.

- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Salinity Laboratory Staff, US Dept. Agric., 1954. 159 p.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production**. Roma: FAO, 1992. 133 p.
- VAIDYANATHAN, H. *et al.* Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) - differential response in salt-tolerance and sensitive varieties. **Plant Science**, v. 165, n. 06, p. 1411-1418, 2003.
- VIÉGAS, R. A. *et al.* Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation of young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 05, n. 02, p. 216-222, 2001.
- VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, p. 42-46, 2005. Suplemento.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.