

Índices fisiológicos em genótipos de abacaxizeiro sob estresse salino¹

Miguel Barreiro Neto², Pedro Dantas Fernandes³, Hans Raj Gheyi³, José Teotônio de Lacerda⁴
e Rêmulô de Araújo Carvalho⁴

¹parte da tese de doutorado apresentada a Universidade Federal de Campina Grande- PB ²Pesquisador da Embrapa/Emepa-PB, DSc. em Recursos Naturais (miguelbarreiro27@gmail.com) ³ Professor da UFCG, Campina Grande, PB, DSc. em Fisiologia Vegetal (pdantas@pq.cnpq.br) ³Professor da UFCG, Campina Grande, PB, DSc. em Salinidade ⁴Eng. Agrôn. MSc. em Fitossanidade, Pesquisador da Emepa, João Pessoa, PB. (teotoniolacerda@gmail.com) ⁴Eng. Agrôn. MSc. em Fitossanidade, Pesquisador da Emepa, João Pessoa, PB. (remuloc@hotmail.com)

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de níveis de salinidade da água de irrigação sobre as características fisiológicas da planta em diferentes genótipos de abacaxizeiro. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Abacaxi, no município de Sapé, PB. Os tratamentos consistiram das combinações de três genótipos: Pérola, Smooth Cayenne e Roxo com cinco níveis de salinidade da água de irrigação. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com arranjo de parcelas subdivididas, sendo testados cinco níveis de salinidade de água nas parcelas principais e três genótipos de abacaxizeiro nas subparcelas, com três repetições. As águas utilizadas na irrigação foram preparadas tomando-se como base a água proveniente de um poço tubular (CEa = 0,28 dS m⁻¹) a partir da adição de NaCl em quantidade suficiente para se obter os níveis de condutividade elétrica da água (CEa) de 0,28, 0,78, 1,28, 1,78 e 2,28 dS m⁻¹. O teor relativo de água (TRA) das cultivares não foi afetado pelo aumento dos níveis de CEa entre 0,28 e 2,28 dS m⁻¹, exceto na fase de maturação onde a cultivar Pérola foi a mais eficiente em aproveitar a umidade do solo. No estágio de indução floral área foliar (AF) diminuiu à medida que aumentaram os níveis de salinidade aplicados, reduzindo 11,13% para cada unidade adicional de CEa. Os índices de área foliar (IAF) foram semelhantes entre os genótipos em todos os estádios de desenvolvimento, independentemente dos níveis de CEa.

Palavras-chave: área foliar, déficit de saturação, taxa de assimilação, fitomassa, ananás.

Physiological indexes in pineapple genotypes under saline stress

Abstract - The objective of the present work was to study the effect of levels irrigation water salinity on the physiological characteristics of the plant in different pineapple genotypes. The experiment was carried out at the Experimental Station of Pineapple, in the county of Sapé, PB, Brazil. The treatments consisted of combinations of three genotypes: Pérola, Smooth Cayenne and Purple with five levels of irrigation water salinity. The statistical design was a randomized complete block design in a split plot scheme, being tested five levels of water salinity in the main plots and three pineapple genotypes in the subplots, with three replicates. The water used in the irrigation was prepared using water from a tubular well (CEa = 0.28 dS m⁻¹) from the addition of NaCl in sufficient quantity to obtain the electrical conductivity levels of the water (CEa) of 0.28, 0.78, 1.28, 1.78 and 2.28 dS m⁻¹. The relative water content (TRA) of the cultivars was not affected by the increase of CEa levels between 0.28 and 2.28 dS m⁻¹, except in the maturation stage where the cultivar Pérola was the most efficient in harnessing the moisture ground. At the floral induction stage the leaf area (FA) decreased as the salinity levels increased, reducing 11.13% for each additional unit of CEa. Leaf area indices (LAI) were similar among genotypes at all stages of development, independently of CEa levels.

Keywords: leaf area, saturation deficit, assimilation rate, phytomass, pineapple.

Introdução

A qualidade da água é um dos fatores que tem reduzido ou impossibilitado a expansão da fruticultura no Nordeste, onde muitas áreas com elevado potencial de cultivo são abastecidas por fontes de qualidade inferior para a irrigação. Essa situação se agrava pelo fato da região apresentar altas taxas de evapotranspiração e pluviosidade insuficiente para uma lavagem adequada dos sais, favorecendo o processo de salinização dos solos. Águas consideradas como inadequadas para a irrigação podem ser usadas com sucesso no cultivo de determinadas plantas, sem maiores consequências em

longo prazo para culturas e solo, desde que sejam utilizadas práticas de manejo culturais adequadas. A possibilidade de uso de águas salinas na irrigação deve ser considerada uma alternativa viável e importante, considerando-se a escassez em muitas regiões, expectativa também demonstrada por Rhoades et al. (1992). Por isto, é importante o estudo do comportamento das culturas quando irrigadas com águas salinas.

Algumas culturas conseguem produzir rendimentos economicamente satisfatórios em níveis elevados de salinidade do solo, enquanto outras podem até não se desenvolver. A salinidade afeta as plantas em todos os

estádios de desenvolvimento, mas é importante reconhecer que os dados de tolerância aos sais não podem fornecer, com precisão, as perdas de produtividade em função da condutividade elétrica para todas as situações, uma vez que a resposta das plantas à salinidade varia com outros fatores, dentre eles: condições climáticas, solo, manejo, irrigação, genótipo, fase de crescimento e outros (Tester e Davenport, 2003 e Ayers e Westcot, 1999).

Bernstein & Hayward (1958), consideraram que os efeitos da salinidade do solo sobre a produção das culturas estão relacionados à menor disponibilidade fisiológica de água (pressão osmótica), à interferência na absorção de nutrientes pelas raízes e a uma acumulação de quantidades tóxicas de vários íons no interior da planta. Os efeitos do excesso de sais solúveis sobre as plantas são devido à pressão osmótica elevada e à ação tóxica de alguns elementos como sódio e cloreto, que chegam a causar distúrbios fisiológicos na planta, podendo ocasionar inclusive a sua morte (Mello et al., 1983).

A capacidade dos vegetais superiores se desenvolverem satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores inter-relacionados, a exemplo de: a constituição fisiológica da planta, o seu estágio de crescimento e hábitos radiculares. Silva (1983) reportou serem mais tolerantes aos sais as espécies de crescimento lento, em comparação com as de crescimento rápido. Na cultura do cajueiro, Carneiro et al. (2002), concluíram que o incremento da salinidade da água em genótipos de caju inibiu o crescimento da planta em altura, área foliar, produção de fitomassa seca da parte aérea e total, mas aumentou o teor de água das folhas.

Fageria & Gheyi (1997) afirmaram ser os mecanismos fisiológicos de adaptação, como acumulação e exclusão de íons e ajustamento osmótico os mais importantes. As plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico das células, o que envolve tanto a absorção e a acumulação de íons como a síntese de solutos orgânicos. A importância relativa de muitos mecanismos varia entre espécies de planta (Rush & Epstein, 1981), entre cultivares da mesma espécie e, em alguns casos, entre partes da planta (Weisel, 1972 e Fageria & Gheyi, 1997).

Resultados de Läuchli & Epstein (1984) indicam que, no ajuste osmótico, não há fluxo através do tonoplasto que separa o citoplasma e o vacúolo, de um compartimento para outro, mesmo em condições de 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, de natureza orgânica como: compostos nitrogenados e, em algumas plantas, açúcares como sorbitol. Lima (1997) cita que 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 e sofrem com decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose.

Läuchli & Epstein (1984) observaram que a maioria das leguminosas responde à salinidade pela exclusão de sais das folhas. A tolerância à salinidade de soja, alfafa e trigo é também relacionada à exclusão de Na^+ e Cl^- na parte aérea (Noble & Rogers, 1992). Assim, a seleção destas espécies tomando como base a exclusão de Na^+ ou Cl^- pode ser um bom critério.

Possivelmente, o mecanismo mais importante para regular o potencial osmótico seja a absorção seletiva de íons. Plantas tolerantes possuem capacidade de absorver nutrientes essenciais da solução salina em que a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é muito maior que a de íons essenciais. Por exemplo, a concentração de Na^+ , em solução de solos salinos, é maior que a de K^+ . Entretanto, a relação $\text{Na}:\text{K}$, em plantas que crescem neste tipo de solo, é aproximadamente igual a um ou menos. Esta alta especificidade para absorção de K^+ está presente em várias espécies de plantas (Fageria & Gheyi, 1997).

Santos & Hernandez (1997), citam que algumas plantas tolerantes produzem solutos orgânicos reguladores do gradiente osmótico no citoplasma ou no vacúolo, por exemplo, sorbitol nas raízes, glicina e betaína nas folhas. É muito útil a variabilidade genética entre as plantas, por permitir a seleção de espécies e de cultivares mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos, economicamente aceitáveis, em condições de salinidade.

Assim, o objetivo do presente trabalho consistiu em estudar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre as características fisiológicas da planta em diferentes genótipos de abacaxizeiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Abacaxi, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – Emepa, localizada no município de Sapé, distando 54 km de João Pessoa e localizada na mesorregião Mata Paraibana, nas coordenadas geográficas: 7° 05' 47" S e 35° 13' 58" W.Gr., a uma altitude de 123 m. O plantio foi realizado em abril de 2001 e a colheita se deu em outubro de 2002. O clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido) com precipitação pluvial média anual entre 900 e 1.000 mm, concentrando-se a ocorrência de chuva no período de março a setembro; a temperatura média anual é de 26,5 °C com máxima de 34 °C e mínima de 28 °C e a umidade relativa do ar varia entre 80 e 90%. O solo da região é classificado conforme

Embrapa (1999), como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

Os tratamentos consistiram das combinações de três genótipos: Pérola, Smooth Cayenne e Roxo com cinco níveis de salinidade da água de irrigação, 15 tratamentos com três repetições, totalizando 45 parcelas. A parcela experimental foi constituída de uma fileira com 36 plantas no espaçamento 0,30 m. Entre duas parcelas foi plantada uma fileira do genótipo Pérola, sem contar com linha específica de gotejadores, objetivando servir de bordadura, evitando a influência dos níveis de salinidade entre fileiras adjacentes que receberam níveis diferentes de água salina. Dos três genótipos utilizados, dois já são cultivados comercialmente (Pérola e Smooth Cayenne), sendo o Roxo um híbrido de coloração arroxeadada e resistente à fusariose, oriundo do programa de melhoramento genético da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – Emepa. (Barreiro Neto et al., 1999 e Barreiro Neto et al., 2002b).

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com arranjo de parcelas subdivididas com três repetições, sendo testadas nas parcelas principais, cinco níveis de salinidade de água e nas subparcelas, os três genótipos de abacaxizeiro. Cada subparcela foi constituída de uma fileira com 12 plantas.

As águas utilizadas na irrigação foram preparadas tomando-se como base a água proveniente de um poço tubular (CEa = 0,28 dS m⁻¹) a partir da adição de NaCl em quantidade suficiente para se obter os níveis de condutividade elétrica da água (CEa) de 0,28, 0,78, 1,28, 1,78 e 2,28 dS m⁻¹. As águas foram preparadas em volume suficiente para cada irrigação, armazenadas em caixas de PVC de 1.000 L, uma para cada nível de CEa estudado, devidamente protegidas, para se evitar a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que possam comprometer a sua qualidade.

No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação CEa e concentração de sais (meq L⁻¹ = CEa * 10), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ em que se enquadram os níveis testados. As análises químicas da água proveniente do poço tubular foram realizadas no laboratório de análise de solo e água da UFPB, de acordo com Richards (1989) e Embrapa (1997) e encontram-se na Tabela 1.

Do plantio à colheita foram adotadas as recomendações técnicas do sistema de produção recomendado por Oliveira et al. (1999). O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens cruzadas. O sistema de irrigação foi por gotejamento com uma linha lateral de gotejadores por fileira e espaçados de 15 cm, com irrigações a cada dois dias com lâmina de água de 5 mm.

A demanda de água do abacaxizeiro varia ao longo do ciclo da planta e dependendo do estágio de crescimento e das condições de umidade do solo, pode ser de 1,3 a 5,0 mm.dia⁻¹; um cultivo comercial exige, em média, uma

quantidade mensal de 60 a 150 mm (Oliveira et al., 2002). A indução floral foi realizada aos 12 meses após o plantio com carbureto de cálcio utilizando-se aproximadamente 0,5 g planta⁻¹.

Tabela 1. Resultados das análises químicas da água de irrigação. Sapé, PB. 2001

Características	Valor
Condutividade elétrica (µscm ⁻¹ a 25°C)	280
Potencial hidrogeniônico (pH)	5,03
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	0,35
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	1,60
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	1,16
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,04
Carbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0,00
Bicarbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0,37
Cloretos (mmol _c L ⁻¹)	2,30
Sulfatos (mmol _c L ⁻¹)	Ausência
Relação de adsorção de sódio (RAS) (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1,17
Classe de água	C ₃ S ₁

Para o controle da fusariose e da broca do fruto foram utilizados fungicidas à base de tiofanato-metílico (1g L⁻¹) e inseticida a base de carbaril (1,5 g L⁻¹), em quatro aplicações a intervalos de sete dias, a partir do aparecimento da inflorescência. A colheita foi realizada durante o sexto mês após a indução floral, quando os frutos atingiram o ponto de colheita mais adequado, o que corresponde à condição de casca parcialmente amarela, nas variedades Pérola e Smooth Cayenne.

Foram realizadas cinco adubações químicas, sendo três sólidas e duas líquidas. A primeira adubação de cobertura foi feita dois meses pós-plantio, utilizando-se 4,0 g por planta de uréia, 7,0 g por planta de superfosfato simples e 4,0g por planta de cloreto de potássio. A segunda e a terceira adubações ocorreram aos 7 e 11 meses pós-plantio, utilizando-se 6,0 g por planta de uréia e 6,0 g por planta de cloreto de potássio. As duas adubações líquidas ocorreram nos intervalos das adubações sólidas, aos 5 e aos 9 meses, utilizando-se 40,0 kg de uréia e 40,0 kg de cloreto de potássio por hectare.

As variáveis analisadas consistiram de:

1. Teor de água das folhas

Foram determinados o teor relativo de água (TRA) e o déficit de saturação (DS). O TRA foi obtido por diferença entre o peso da matéria fresca e da matéria seca, expresso em porcentagem sobre o peso de matéria fresca. Na obtenção da fitomassa fresca, as folhas foram destacadas da planta e imediatamente pesadas em balança de precisão de 0,01 g e calculado o TRA de acordo com a equação a seguir, contida em Cairo (1995).

$$TRA = \frac{PF - PS}{PT - PS} \times 100$$

Onde: PF, PS e PT representam, respectivamente, o peso da matéria fresca, o peso da matéria seca e o peso túrgido de discos foliares de 2 cm de diâmetro, expressos em grama.

Na determinação do PS os discos foliares permaneceram em estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingirem peso constante. O déficit de saturação (DS) foi obtido por diferença entre o valor 100 e o Teor relativo de água (DS = 100 – TRA), expresso em percentagem sobre o peso de matéria fresca. Para determinação do PT, os discos foliares frescos foram colocados em bandejas com água destilada durante 12 horas, após o que, foram enxugados, pesados e os valores anotados.

A partir dos dados de matéria seca, obtidos nas avaliações, foram calculados os seguintes índices fisiológicos:

2. Área foliar

A área foliar (AF) foi determinada mediante a relação entre o peso de discos foliares de área conhecida e a fitomassa das folhas da planta (Fernandes, 2002). É um dos melhores indicadores de produtividade, pois a fotossíntese depende da intercepção de energia luminosa pelas folhas e a área foliar da planta constitui-se, assim, a base do rendimento potencial da cultura.

3. Índice de área foliar

O índice da área foliar (IAF) é uma das principais variáveis biofísicas de um dossel vegetal, estando diretamente relacionado com a sua evapotranspiração e sua produtividade. Compreende a área da superfície total das folhas da planta por unidade de superfície de solo ocupada pela planta, e é expresso em $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ou $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$.

4. Razão de área foliar

Para avaliação da razão de área foliar (RAF) foram utilizados os dados de área foliar e de matéria seca, de acordo com a equação contida em Fernandes (2002).

$$RAF = \frac{AF}{FT_0} \text{ (cm}^2 \text{g}^{-1}\text{)}$$

5. Taxa de assimilação líquida

A taxa de assimilação líquida (TAL) foi obtida através da relação entre a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar, utilizando-se do valor de RAF dos respectivos períodos, conforme indica o modelo a seguir, apresentado por Fernandes (2002).

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

Resultados e Discussão

1. Teor relativo de água nas folhas e déficit de saturação

Na Tabela 2, constata-se que o teor relativo de água (TRA) variou entre os genótipos ($P < 0,05$) apenas no estágio de maturação, aos 18 meses. Efeito linear de níveis de salinidade foi constatado nos estádios de maturação, aos 18 meses. Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre genótipos e níveis de salinidade. Pelos valores significativos de desvio de regressão ($P < 0,01$), nos estádios de frutificação (aos 15 meses) e de maturação, deve ter havido efeito de terceiro ou quarto grau, porém, sem grande importância prática por não justificar o efeito da salinidade sobre o comportamento da variável estudada, optando-se, neste caso, por um efeito significativo de grau inferior.

Tabela 2. Análises de variância do teor relativo de água (TRA) de genótipos de abacaxizeiro em função de níveis de salinidade (CEa) estudados, em quatro estádios de desenvolvimento da planta

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Crescimento vegetativo	Indução floral	Frutificação	Maturação
Blocos	2	28,9236	14,7810	85,5795*	5,4468
Nível de CEa = N	4	54,0254	20,9039	85,7675*	44,6609**
Linear	1	-	-	56,1374	141,8276**
Quadrático	1	-	-	34,8654	3,4800
Desvios de reg.	2	-	-	126,0337**	16,6680**
Resíduo (a)	8	36,4199	6,6896	18,1786	4,1259
Genótipo = G	2	45,6940	2,7800	56,2851	78,4071**
G x N	8	22,6216	7,3723	27,8744	12,2271
Resíduo (b)	20	18,1183	17,2672	28,3775	5,2660
CV _(a) (%)		6,72	3,13	5,02	2,61
CV _(b) (%)		4,74	5,03	6,28	2,95

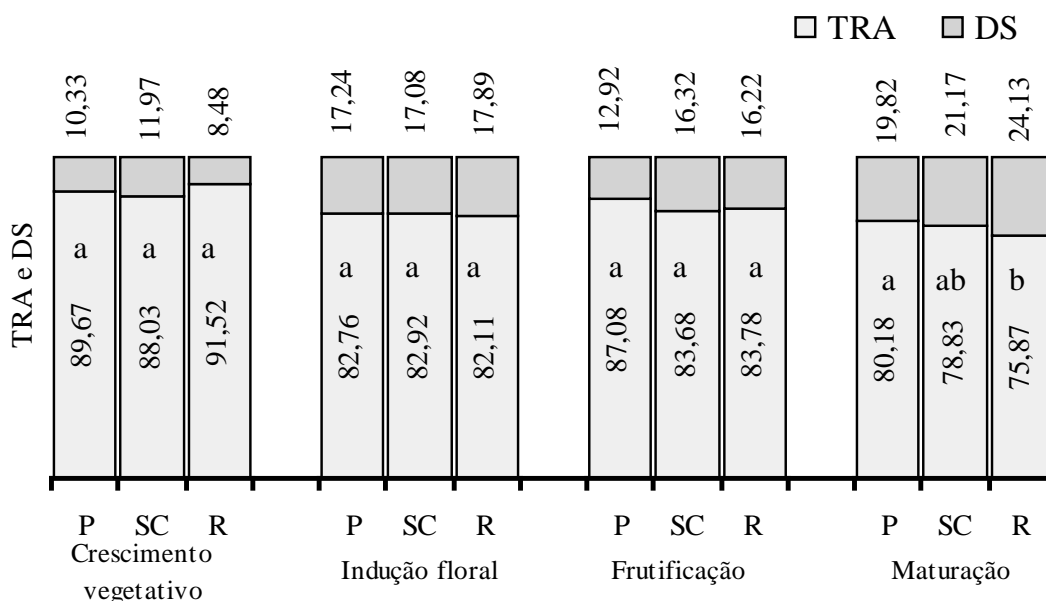
* e ** $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente, pelo teste F; GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação

As plantas mantiveram alto conteúdo hídrico nos tecidos, independente dos estádios de desenvolvimento. Diferenças nos teores relativos de água entre os genótipos foram observadas apenas no estágio de maturação (Figura 1). O valor da TRA da cultivar Pérola foi estatisticamente ($P>0,05$) igual ao da cultivar Smooth Cayenne e superior ($P<0,05$) ao híbrido Roxo, que se sobressaiu com o menor valor. Por sua vez, a cultivar Smooth Cayenne apresentou TRA similar ao híbrido Roxo.

Houve variações mínimas nos valores da TRA no estágio de maturação, observando-se que, aumentando os níveis de salinidade da água de irrigação, houve

redução na TRA, sem, contudo, comprometer uma adequada reposição de água às folhas.

Na Figura 2, observa-se que os teores relativos de água do abacaxizeiro, no estágio de maturação, diminuíram à medida que se aumentava o nível de sal na água de irrigação. A diminuição do teor relativo de água por incremento unitário da CEa foi de 2,51 (3,12%) no estágio de maturação, provavelmente, afetando a produção e a qualidade dos frutos, pela dificuldade de absorção de água pelas plantas, principalmente nos níveis mais elevados de sais e interferindo nos processos fisiológicos e no metabolismo das plantas.



Na mesma fase, letras diferentes expressam diferenças significativas ($P<0,05$) entre médias, pelo teste de Tukey. DMS (Crescimento vegetativo = 3,93, Indução floral = 3,84, Frutificação = 4,92, Maturação = 3,35)

Figura 1. Médias do teor relativo de água (TRA) e do déficit de saturação (DS) de genótipos de abacaxizeiro nos estádios de crescimento vegetativo, indução floral, frutificação e maturação

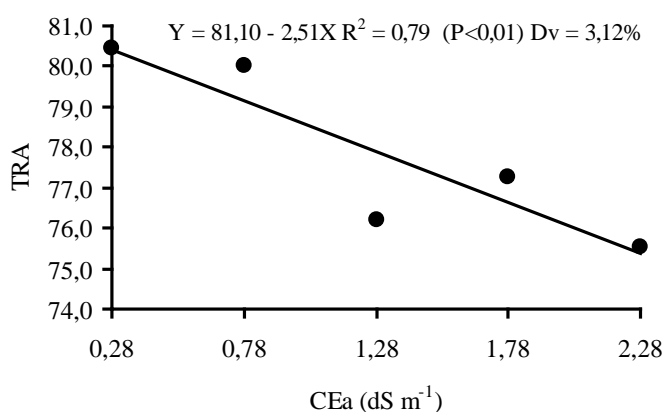


Figura 2. Relação linear do teor relativo de água (TRA) de genótipos de abacaxizeiro, em função dos níveis de salinidade de água (CEa), na maturação

Em estudos com goiabeira, o TRA e o potencial hídrico da folha decresceram com o aumento dos níveis de salinidade, reduzindo a capacidade de absorção de água

pelas plantas (Távora et al., 2001). Em meloeiro, Barros (2002), relata que, embora o crescimento da parte aérea das plantas se reduziu com o acentuado potencial osmótico do substrato onde cresce, a diminuição da absorção de água não é, necessariamente, a causa principal do reduzido crescimento das plantas em ambiente salino. Mesmo não se dispondo de um número maior de informações sobre o abacaxizeiro, Silva (2002), verificou que o aumento da salinidade da água de irrigação acarretou redução nos teores de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , e aumentou a concentração de Na^+ em folhas de mangueira, atribuindo tais fatos à perda de parte do poder seletivo de absorção iônica da plasmalema. Em cajueiro, o TRA aumentou linearmente com os níveis de salinidade, indicando interferência sobre o estado hídrico das plantas (Carneiro et al., 2002).

O aumento do teor de água em folhas com o aumento da salinidade da água de irrigação é reflexo do ajustamento osmótico, com a planta acumulando íons no

vacúolo das células ou sintetizando compostos orgânicos visando baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água, mantendo as células túrgidas. Devido ao aumento da concentração de solutos osmoticamente ativos, é importante ressaltar que a água no interior das células, embora em maior quantidade, fica menos disponível, para fotossíntese com conseqüências negativas para a planta, fato também relatado por (Cushman, 2001a).

Não foram observadas diferenças expressivas no déficit de saturação entre genótipos, nos estádios de crescimento vegetativo, indução floral e frutificação, aos 6, 12 e 15 meses, respectivamente (Figura 1). No estádio de maturação, observou-se maior déficit de saturação no híbrido Roxo e menor na cultivar Pérola. Isto significa que o híbrido Roxo apresentou uma menor eficiência hídrica e teve mais dificuldade de atender as suas necessidades hídricas, enquanto a cultivar Pérola foi mais eficiente em aproveitar a umidade do solo. A cultivar Smooth Cayenne ficou em posição intermediária quanto ao déficit de saturação.

2. Área foliar

Constata-se por meio dos resultados da análise de variância (Tabela 3), que os dados ajustaram-se ao modelo linear significativo ($P < 0,01$) de níveis de salinidade sobre a área foliar (AF) dos genótipos de

abacaxizeiro, apenas no estágio de indução floral. Deste resultado, infere-se que a salinidade da água afetou a área foliar do abacaxizeiro somente aos 12 meses, a partir daí, não afetando o comportamento da planta.

Nos quatro estádios de desenvolvimento das plantas, embora sem diferenças significativas ($P > 0,05$) entre genótipos as médias de AF nas fases de crescimento vegetativo, indução floral, frutificação e maturação foram de 1.684, 1.041, 9.705 e 11.642 cm^2 , respectivamente.

Nos estádios de crescimento vegetativo, frutificação e maturação não houve efeito dos níveis de salinidade da água sobre a área foliar. De um modo geral, no estádio de crescimento vegetativo, a maior área foliar (2.036,5 cm^2) ocorreu no nível de 2,28 dS m^{-1} e a menor no nível salino de 0,78 dS m^{-1} . No estádio de indução floral a maior AF (11.511,3 cm^2) ocorreu no nível salino 0,28 dS m^{-1} e a menor (8.554 cm^2) no nível salino 2,28 dS m^{-1} .

Na Figura 3, percebe-se que, no estágio de indução floral, houve efeito linear significativo ($P < 0,01$) de níveis salinos sobre a área foliar, indicando que a área foliar diminuiu proporcionalmente à medida que se aumentaram os níveis de salinidade aplicados, cujo decremento foi de 1.257,32 cm^2 (11,13%) para cada unidade de CEa aplicada (dS m^{-1}). O aumento da concentração salina na água de irrigação provocou redução na área foliar das plantas entre 15 a 25% em trabalhos desenvolvidos com abacaxizeiro por Marinho et al. (1998).

Tabela 3. Análise de variância da área foliar – AF (cm^2) de genótipos de abacaxizeiro em função de níveis de salinidade de água (CEa) estudados, em quatro estádios de desenvolvimento da planta

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Crescimento vegetativo	Indução floral	Frutificação	Maturação
Blocos	2	284.202	5.622.412	354.863	13.921.472
Nível de CEa = N	4	471.151	10.872.849*	76.421.265	35.534.519
Linear	1	-	35.567.081**	-	-
Quadrático	1	-	203.895	-	-
Desvios de reg.	2	-	3.860.210	-	-
Resíduo (a)	8	127.872	2.064.918	26.641.286	16.445.452
Genótipo = G	2	371.071	6.275.016	23.070.929	59.272.238
G x N	8	153.346	7.370.726	19.425.384	6.393.287
Resíduo (b)	20	117.998	7.708.161	14.642.091	17.668.430
CV _(a) (%)		21,24	14,31	53,18	34,83
CV _(b) (%)		20,40	27,65	39,43	36,10

* e ** $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente, pelo teste F
GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação

A redução da área foliar em função do aumento dos níveis de salinidade aplicados na água de irrigação foi observada no estágio de indução floral e pode indicar uma adaptação do abacaxizeiro ao estresse salino. Este resultado está de acordo com diversos autores, como: Gurgel et al. (2003) trabalhando com acerola; Farias et al. (2003) e Carmo et al. (2003) na cultura do melão; e

Carneiro et al. (2002), em genótipos de cajueiro, os quais concluíram que o incremento da salinidade da água de irrigação afeta a área foliar das plantas do início para o final do crescimento. Em goiabeira, a área foliar por planta foi reduzida em 92% quando a CEa atingiu 150 mmol L^{-1} , conforme Távora et al. (2001).

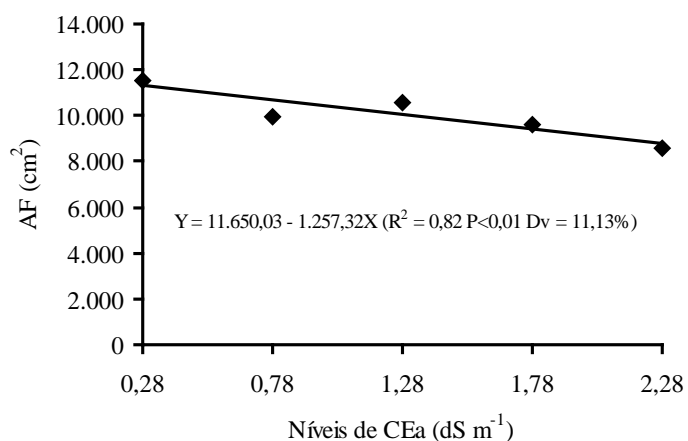


Figura 3. Relação linear da área foliar (AF) de genótipos de abacaxizeiro, em função dos níveis de salinidade de água (CEa) no estágio de indução floral

3. Índice de área foliar

O IAF é uma das variáveis biológicas mais utilizadas para estudos do dossel vegetal, devido ser diretamente relacionado com a evapotranspiração e a produtividade. Na Tabela 4, encontram-se os resumos da análise de

Tabela 4. Análise de variância do índice de área foliar (IAF) de genótipos de abacaxizeiro em função de níveis de salinidade de água (CEa) estudados, em quatro estádios de desenvolvimento da planta.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Crescimento vegetativo	Indução floral	Frutificação	Maturação
Blocos	2	0,0496	0,9771	0,6151	2,4165
Nível de CEa = N	4	0,0812	1,8871	13,2672	6,1733
Linear	1	-	6,1727 **	-	-
Quadrático	1	-	0,0374	-	-
Desvios de regressão	2	-	0,6692	-	-
Resíduo (a)	8	0,0220	0,3590	4,6227	2,8558
Genótipo = G	2	0,0660	1,0917	4,0009	10,2917
G x N	8	0,0269	1,2839	3,3735	1,1038
Resíduo (b)	20	0,0204	1,3390	2,5426	3,0625
CV _(a) (%)		21,19	14,33	53,48	34,84
CV _(b) (%)		20,36	27,66	39,43	36,08

* P < 0,05 pelo teste F

GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação

Na Figura 4, encontram-se as tendências de níveis de salinidade sobre o índice de área foliar do abacaxizeiro, no estágio de indução floral, cujos índices de área foliar diminuíram com o aumento dos níveis salinos na água de irrigação, com decrementos de 0,528 (11,21%) por aumento unitário de CEa. Além do efeito da salinidade, a redução do IAF ocorreu em virtude da paralisação da

variância para índice de área foliar (IAF) de genótipos de abacaxizeiro nos distintos níveis de salinidade estudados. Não houve diferença significativa entre genótipos, tendo sido encontrado efeito significativo (P<0,05) de níveis de salinidade (P<0,05) sobre o IAF na indução floral, sem ser constatada interação significativa entre ambos. Nos períodos de crescimento vegetativo, frutificação e maturação, não foi constatado efeito significativo de níveis de salinidade da água no IAF. Sobre o comportamento dessa variável em abacaxizeiro, Souza (2003), encontrou que, por ocasião da indução floral, o IAF pode alcançar 12, entretanto, valores entre 6 e 8 são os mais comuns. Farias et al. (2003), em meloeiro, constataram que o índice de área foliar não foi afetado pela salinidade da água de irrigação.

Dos resultados da Tabela 4, infere-se que os índices de área foliar foram semelhantes (P>0,05) entre os genótipos Pérola, Smooth Cayenne e Roxo nos estádios de crescimento vegetativo, indução floral, frutificação e maturação, cujos valores médios de IAF, nesta mesma ordem, foram de 0,70; 4,18; 4,02 e 4,85.

emissão de folhas, devido à diferenciação do meristema apical para produzir a inflorescência e também pela intensificação da senescência das folhas. Estes decrementos afetaram a superfície foliar da planta, que é à base do seu rendimento potencial, pois à medida que o IAF aumenta, aumentam a interceptação de luz e a fotossíntese líquida.

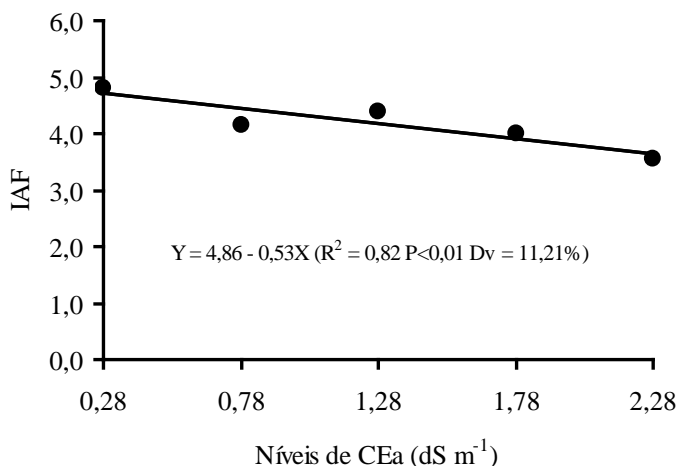


Figura 4. Relação linear do índice de área foliar (IAF) de genótipos de abacaxizeiro, em função dos níveis de salinidade de água (CEa) no estágio de indução floral.

4. Razão de área foliar

A RAF expressa o quanto da fitomassa é alocado para a formação de folhas. Cultivares que apresentam alto investimento em folhas, ou seja, elevada RAF, possuem maior potencial de cobertura do solo, uma vez que há correlações positivas deste índice com a TCR e a TAL, relatados por Seibert & Pearce (1993).

É um bom indicativo de maior produção, representando a área foliar útil para a fotossíntese, ou seja, a área foliar utilizada para produzir fotossintatos. Como a superfície foliar tem influência direta sobre a captação de luz e ativação da fotossíntese, espera-se que as variedades com maiores valores de RAF sejam mais eficientes na captação de energia e síntese de compostos orgânicos.

Os resultados da análise de variância para razão de área foliar (RAF) estão apresentados na Tabela 5, constatando-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre genótipos apenas no estágio de crescimento vegetativo da planta. No estágio de maturação houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) de níveis de salinidade sobre a RAF. Nas fases de crescimento vegetativo, indução floral e frutificação a RAF não foi afetada pelos níveis de salinidade da água.

Conforme a Figura 5, no estágio de crescimento vegetativo, a RAF do híbrido Roxo foi estatisticamente igual a da cultivar Pérola, porém significativamente ($P < 0,05$) superior à RAF da cultivar Smooth Cayenne. Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) nas médias da RAF das cultivares Pérola e Smooth Cayenne. Nos estádios de indução floral, frutificação e maturação, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre genótipos quanto à razão de área foliar.

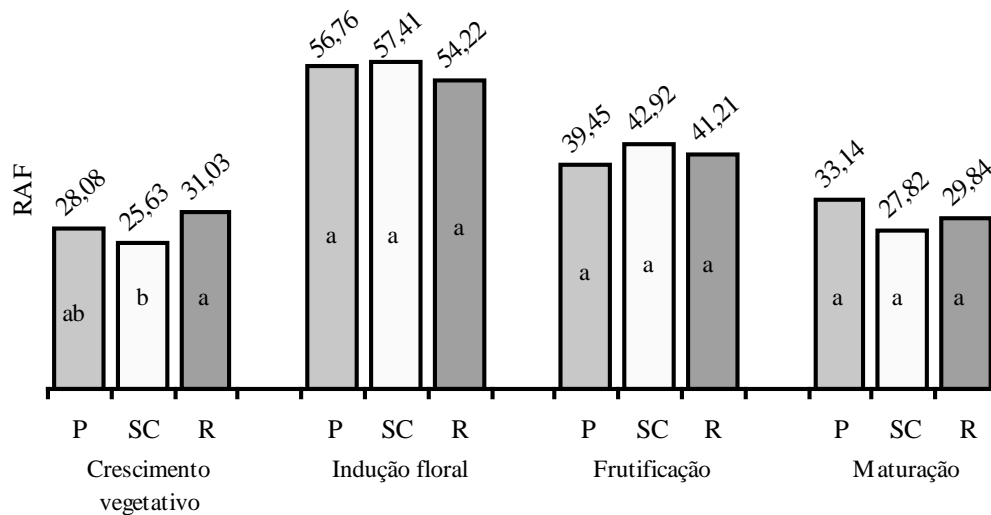
Tabela 5. Análise de variância da razão de área foliar (RAF) de genótipos de abacaxizeiro em função de níveis de salinidade de água (CEa) estudados, em quatro estádios de desenvolvimento da planta

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Crescimento vegetativo	Indução floral	Frutificação	Maturação
Blocos	2	3,1894	16,8342	30,4169	9,3626
Nível de CEa = N	4	57,2360	386,8819	52,0080	97,7417 *
Linear	1	-	-	-	301,8037 **
Quadrático	1	-	-	-	64,586 *
Desvios de regressão	2	-	-	-	12,2884
Resíduo (a)	8	25,2074	25,5064	21,8174	10,7860
Genótipo = G	2	109,6254 *	42,670	45,2423	108,3790
G x N	8	11,1317	45,9149	27,4175	12,5698
Resíduo (b)	20	19,1355	29,4382	24,7706	2,5507
CV _(a) (%)		17,77	9,00	11,34	10,85
CV _(b) (%)		15,49	9,68	12,08	15,34

* e ** $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente, pelo teste F

GL = Graus de Liberdade

CV = Coeficiente de Variação



Na mesma fase, letras diferentes expressam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre médias, pelo teste de Tukey. DMS (Crescimento vegetativo = 4,04, Indução floral = 5,01, Frutificação = 4,60, Maturação = 4,29). P = Pérola, SC = Smooth Cayenne, R = Roxo.

Figura 5. Médias da razão de área foliar (RAF) de genótipos de abacaxizeiro nos estádios de crescimento vegetativo, indução floral, frutificação e maturação

Na Figura 6 está representada a tendência quadrática de níveis de salinidade sobre a razão de área foliar dos genótipos de abacaxizeiro, no estágio de maturação, aos 18 meses, onde a RAF aumentou suavemente atingindo um valor máximo de 32,86, no nível de CEa estimado de $1,92 \text{ dS m}^{-1}$. A partir deste ponto a RAF tendeu a diminuir, indicando uma redução do investimento da planta em material foliar. Os valores crescentes da RAF sugerem um efeito menor da salinidade sobre a área foliar quando relacionada com a fitomassa total, o que está de acordo com o que foi observado por Gurgel et al. (2003) em aceroleira e Bezerra et al., (2002) em cajueiro.

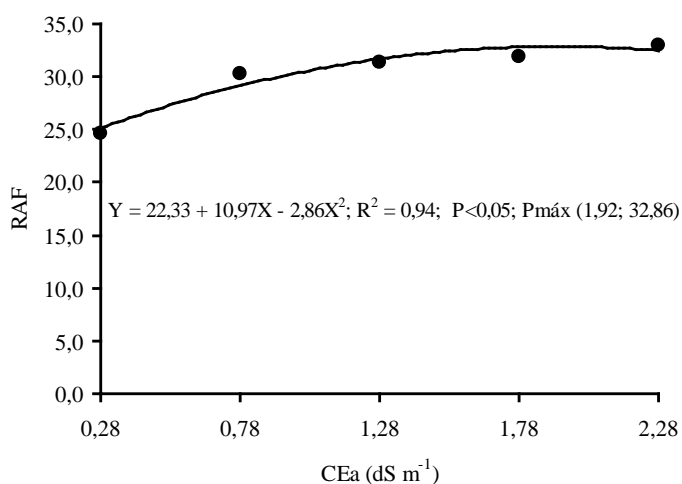


Figura 6. Relação quadrática da razão de área foliar (RAF) de genótipos de abacaxizeiro em função dos níveis de salinidade de água (CEa), no estágio de maturação.

5. Taxa de assimilação líquida

Esse índice expressa o potencial da produção de novos materiais pelas folhas. No caso dos genótipos de

abacaxizeiro, foram registrados maiores valores no período vegetativo, durante a formação do aparelho fotossintetizador. De acordo com a análise de variância, a Taxa de assimilação líquida (TAL) do abacaxizeiro não variou significativamente em função dos níveis de salinidade nem entre genótipos (Tabela 6), sendo todos igualmente eficientes na produção de fotossintatos por área de folha. Também não foi detectada interação significativa ($P > 0,05$) entre ambos os fatores, indicando não haver interdependência entre eles sobre a TAL.

Os valores médios das taxas de assimilação líquida do abacaxizeiro nas idades das plantas de 6-12, 12-15 e 15-18 meses foram de $13,49 \times 10^{-4}$, $7,75 \times 10^{-4}$ e $19,73 \times 10^{-4}$, respectivamente.

Tabela 6. Resultados das análises de variância para taxa de assimilação líquida (TAL) de genótipos de abacaxizeiro, em função de níveis de salinidade de água (CEa)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios ⁽¹⁾ / Idade da plantas (meses)		
		6-12	12-15	15-18
Blocos	2	411,9625	53,7546	191,9557
Níveis de CEa = N	4	356,5615	288,8998	299,1386
Resíduo (a)	8	330,1606	121,6642	460,7820
Genótipo = G	2	557,0766	144,2703	1.142,4690
G x N	8	324,0687	64,6397	406,2966
Resíduo (b)	20	224,2840	184,4508	524,6250
Média	-	13,49	7,75	19,73

⁽¹⁾ Dados previamente multiplicados por 10^4 ; GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação

Mesmo sem diferenças significativas entre genótipos em cada período de crescimento do abacaxizeiro, pode-se observar uma tendência de maior TAL para a cultivar

Smooth Cayenne, principalmente nos períodos de 12-15 e 15-18 meses de idade das plantas, genótipo desenvolvido no Havaí e mais cultivado para fins industriais em todo o mundo (Cunha & Cabral, 1999). A cultivar Smooth Cayenne foi a que apresentou a maior taxa de incremento de matéria seca por unidade de área foliar por unidade de tempo, o qual dá uma medida indireta da maior eficiência fotossintética desta cultivar.

Conclusões

1. O teor relativo de água (TRA) das cultivares não foi afetado pelo aumento dos níveis de CEa entre 0,28 e 2,28 dS m⁻¹, exceto na fase de maturação onde a cultivar Pérola foi a mais eficiente em aproveitar a umidade do solo.

2. No estágio de indução floral área foliar (AF) diminuiu, à medida que aumentaram os níveis de salinidade aplicados, reduzindo 11,13% para cada unidade adicional de CEa.

3. Os índices de área foliar (IAF) foram semelhantes entre os genótipos em todos os estádios de desenvolvimento, independentemente dos níveis de CEa.

4. A razão de área foliar (RAF) e a taxa de assimilação líquida (TAL) não apresentaram diferenças entre os genótipos, exceto a RAF, no estágio de crescimento vegetativo.

Referências

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1).

BARREIRO NETO, M.; LACERDA, J.F. de; CARVALHO, R.A.; OLIVEIRA, E.F. de; CHOIRY, S.A. Competição de seleções avançadas de abacaxizeiro In: BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E. S. dos (ed.). **Abacaxi: da agricultura familiar ao agonegocio**. João Pessoa: Emepa-PB, 2002b. p.25 -33.

BARREIRO NETO, M.; LACERDA, J.F. de; CHOIRY, S.A.; CARVALHO, R.A.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, E.F. de;. Comportamento de híbridos de abacaxizeiro no Estado da Paraíba. II. Adaptabilidade In: BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E. S. dos (ed.). **Abacaxicultura: contribuição tecnológica**. João Pessoa: EMEPA-PB. 1999. p. 9-18. (Emepa-PB. Documentos, 26).

BARROS, A.D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, no cultivo do melão**. Botucatu: UNESP, 2002. 124 p (Tese de Doutorado).

BERNSTEIN, L.; HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.9, p.25-46, 1958.

MELLO, F. de A.F. de; SOBRINHO, M. de O.C. do B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1983.400p.

BEZERRA, I.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D.; SANTOS, F.J. de S.; GURGEL, M.T.; NOBRE, R.G. Germinação, formação de porta-enxerto e enxertia de cajueiro anão-precoce, sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.5, n.3. p.420-424, 2002.

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32 p.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p. 199-206, 2002.

CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S. Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: CUNHA, G.A.P da; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F. da S. (org). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília: Embrapa CTT, 1999. p. 17-53.

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa. Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.

EMBRAPA-CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rev. atual. Rio de Janeiro: 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

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.

FARIAS, C.H. de A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J.F. de; COSTA, M. da C.; NASCIMENTO, I.B. do; SILVA, M.C. de C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p. 445-450, 2003.

- FERNANDES, P.D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002. 52 p.
- GURGEL, M.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SANTOS, F.J. de S.; BEZERRA, I.L.B.; NOBRE, R.G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3,n 3, p.451-457, 2003.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.18-21, 1984.
- 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.
- MARINHO, F.J.L.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Desenvolvimento inicial do abacaxizeiro cv Smooth Cayenne sob diferentes condições de salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.1-5, 1998.
- MELLO, F. de A.F. de; SOBRINHO, M. de O.C. do B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1983.400p.
- NOBLE, C.L.; ROGERS, M.E. Arguments for the use of physiological criterion for improving the salt tolerance in crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.146, n.1-2, p.99-107, 1992.
- OLIVEIRA, E.F. de ; CARVALHO, R.A.; LACERDA, J.T. de; CHOAIRY, S.A.; BARREIRO NETO, M. **Abacaxi**: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano. João Pessoa: Emepa,PB, 2002. 38 p. (Emepa-PB. Documentos, 38).
- 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).
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, p. 503-527, 2003.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1989. 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. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.106, p.699-704, 1981.
- 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.
- SEIBERT, A.C.; PEARCE, R.B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Sci.**, v.41, n.1, p. 2-56, 1993.
- SILVA, A.Q. da. **Efeito do cloreto de sódio no crescimento, concentração de nutrientes e de sódio, e nas características tecnológicas de seis cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Piracicaba-SP: ESALQ, 1983. 175p. (Tese Doutorado).
- TAVORA, F.J.A.F.; FERREIRA, R.G.; HERNANDEZ, F.F.F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p. 441-446, 2001.
- WEISEL, Y. **Biology of halophytes**. New York: Academic Press, 1972. 395p.