

## SENSIBILIDADE À SALINIDADE DE HÍBRIDOS TRIFOLIADOS E OUTROS PORTA-ENXERTOS DE CITROS<sup>1</sup>

MARCOS ERIC BARBOSA BRITO<sup>2\*</sup>, PEDRO DANTAS FERNANDES<sup>3</sup>, HANS RAJ GHEYI<sup>4</sup>, ALBERTO SOARES DE MELO<sup>5</sup>, WALTER DOS SANTOS SOARES FILHO<sup>6</sup>, ROBI TABOLKA DOS SANTOS<sup>7</sup>

**RESUMO** – Estudou-se a sensibilidade de genótipos de citros à salinidade durante a fase de formação de porta-enxertos, compreendendo variedades e híbridos selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros: limoeiros ‘Cravo Santa Cruz’ e ‘Volkameriano’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, citrange ‘Troyer’ e os híbridos trifoliados HTR-051 e HTR-069. O experimento foi realizado em casa de vegetação e os genótipos foram submetidos a cinco níveis de salinidade da água de irrigação: S<sub>1</sub> - testemunha, irrigação com água de abastecimento local, condutividade elétrica da água (CEa) de 0,41 dS m<sup>-1</sup>; S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> - água com CEa de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, preparadas a partir do NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção 7:2:1. Os fatores ‘genótipos’ e ‘salinidade’ foram arranjos em esquema fatorial (6x5), delineados em blocos casualizados, com cinco repetições, constituindo-se a parcela de quatro plantas úteis. Foram avaliadas variáveis de crescimento e fisiológicas, registrando-se os maiores efeitos da salinidade na fitomassa seca total em todos os genótipos, destacando-se, ainda, maior fitomassa seca total no limoeiro ‘Volkameriano’ e maior redução linear com aumento da salinidade no citrange ‘Troyer’. Indica-se o limoeiro ‘Volkameriano’ e o HTR – 069 na formação de mudas de porta-enxertos de citros sob salinidade, devido à sua menor sensibilidade na formação de fitomassa.

**Palavras-chave:** *Citrus* spp. *Poncirus trifoliata*. Estresse salino. Crescimento.

### SALINITY SENSITIVITY OF TRIFOLIATE HYBRIDS AND OTHER ROOTSTOCKS OF CITRUS

**ABSTRACT** – In order to evaluate the sensitivity of citrus genotypes: ‘Santa Cruz Rangpur’ lime, ‘Sunki Tropical’ mandarin, ‘Troyer’ citrange, ‘Volkamer’ lemon, and HTR-051 and HTR-069 trifoliolate hybrids to salinity during the rootstock formation period in greenhouse. The genotypes were subjected to five levels of irrigation water salinity: control, tap water with electrical conductivity (EC<sub>w</sub>) of 0.41 dS m<sup>-1</sup> and water with EC<sub>w</sub> of 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>, made from salts NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, using the 7:2:1 proportion, respectively. The ‘genotypes’ and ‘salinity’ factors were arranged in factorial design (6x5), using a randomized block, with five blocks and four plants per parcel. The growth and physiological variables were evaluated registering the most significant effects to salinity on total dry matter at all genotypes, highlighting total dry matter accumulation in ‘Volkamer’ lemon and the highest decrease from increasing salinity it is observed in ‘Troyer’ citrange. The ‘Volkamer’ lemon and HTR – 069 can be recommended to formation of seedlings of citrus rootstocks under salinity due to its less sensitivity in the formation of biomass.

**Keywords:** *Citrus* spp. *Poncirus trifoliata*. Salinity stress. Growth.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 24/03/2012; aceito em 14/02/2014

Trabalho de dissertação de conclusão de Mestrado em Engenharia Agrícola do primeiro autor;

<sup>2</sup>Professor da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, 58.840-000, Pombal, PB, Brasil, marcoseric@pq.cnpq.br;

<sup>3</sup>Professor Visitante Universidade Estadual da Paraíba, UEPB, Campina Grande, PB, Brasil, pdantas@pq.cnpq.br

<sup>4</sup>Professor Visitante Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil, hans@pq.cnpq.br;

<sup>5</sup>Professor Unidade Acadêmica de Biologia, UEPB, Campina Grande, PB, Brasil, alberto@pq.cnpq.br;

<sup>6</sup>Pesquisador A, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil, walter.soares@embrapa.br;

<sup>7</sup>Extensionista da Emater, PB, João Pessoa, PB, Brasil, robytabolka@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a primeira posição em produção e exportação de suco de laranja concentrado e congelado, com uma área plantada superior a 900 mil hectares, sendo o Nordeste a segunda maior região produtora do País, com 9% da produção nacional e mais de 110.000 ha cultivados, dos quais são colhidos mais de 1,5 milhão de toneladas de frutos anuais (FAO, 2011).

No entanto, nessa região, a produtividade é baixa, em virtude, principalmente do déficit hídrico estacional, fazendo-se necessário utilizar irrigação (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Deve-se, contudo, ter toda atenção quanto ao manejo do complexo água-solo-planta, em particular quando a fonte hídrica tem altas concentrações de sais, já que é comum a obtenção de água a partir da perfuração de poços ou por meio de açudes, os quais, segundo vários autores (ANDRADE JUNIOR, et al., 2006; BRITO et al., 2005; MEDEIROS et al., 2003) contêm concentrações variáveis de sais, podendo limitar o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Deste modo, é fundamental a geração de conhecimentos que viabilizem a utilização de águas salinas na agricultura, garantindo sua sustentabilidade.

Um dos conhecimentos que pode possibilitar o uso de águas salinas, é que a tolerância à salinidade é variável entre espécies e, dentro de uma mesma espécie, entre diferentes estádios de desenvolvimento da planta; observando-se que, em cada fase, a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS; FLOWERS, 2005; MUNNS, 2005). O desafio, então, é selecionar materiais genéticos que possuam produção satisfatória, ou seja, equivalente às obtidas quando não há distúrbios fisiológicos no sistema de produção, ao serem irrigados com águas com maiores teores de sais, se utilizando da capacidade de adaptação ao estresse salino, deste modo, é conveniente a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente viáveis sob tais condições, sobretudo quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (MUNNS; TESTER, 2008).

Na citricultura brasileira há predomínio de uso do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) como porta-enxerto, presumindo-se que ele esteja presente em 80% das mudas cítricas comercializadas (AZEVEDO, 2003). Embora essa preferência seja compreensível, já que as características do 'Cravo' satisfazem tanto viveiristas quanto citricultores, é evidente o risco de surgimento de doenças e de distúrbios de outra natureza, como o estresse salino, originando prejuízos à citricultura, conforme identificado por ferguson e Grattan (2005), Brito et al. (2008), Fernandes et al. (2011), fazendo-se necessária a seleção de porta-enxertos com maior tolerância à salinidade.

Alguns autores têm estudado novos porta-

enxertos condicionados à irrigação com água salina, a exemplo de Soares et al. (2006), Brito et al. (2008), Fernandes et al. (2011) e Silva et al. (2012), sendo importante obter um rol de materiais que viabilizem a escolha de materiais mais promissores e com maior tolerância a condições de irrigação ou de cultivo sob salinidade da água ou do solo. Nesse sentido, o Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros vem obtendo e disponibilizando materiais genéticos (híbridos), provenientes de diversos cruzamentos, entre os quais se pode selecionar genótipos tolerantes a estresses abióticos, como o salino.

Assim, objetivou-se estudar a sensibilidade à salinidade da água de irrigação, na fase de formação de "cavalinhos", de variedades e híbridos selecionados pelo PMG Citros como promissores para uso como porta-enxerto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Campina Grande (PB), nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude S e 35°52'28" de longitude W, a uma altitude de 550 m.

Foram testados cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ( $CE_a$ ):  $S_1$  -testemunha (irrigação com água de abastecimento,  $CE_a$  de 0,41  $dS\ m^{-1}$ ),  $S_2=1,0$ ,  $S_3=2,0$ ,  $S_4=3,0$  e  $S_5=4,0\ dS\ m^{-1}$ , preparadas de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  e  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , respectivamente. Essa relação entre cátions predomina em fontes de água utilizadas para irrigação em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (AUDRY; SUASSUNA, 1995; MEDEIROS et al., 2003).

Os efeitos do estresse salino foram estudados nos genótipos: 1. limoeiro 'Cravo Santa Cruz', 2. tangerineira 'Sunki Tropical' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; 3. citrange [*C. sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] 'Troyer'; 4. limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.); 5. HTR (híbrido trifoliado) - 051; e 6. HTR-069.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, em esquema fatorial (5 níveis de salinidade x 6 genótipos) e a unidade experimental constituída por quatro recipientes (tubetes), cada um contendo uma planta.

A semeadura foi realizada em tubetes com capacidade de 288 mL, tratando-se previamente as sementes com o fungicida Thiuram (4 g  $kg^{-1}$  de sementes). As quais foram semeadas na razão de três por tubete, em substrato comercial contendo uma combinação de vermiculita, casca de pinus e casca de arroz carbonizada, na proporção de 1:1:1, com características químicas descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do substrato utilizado na produção de mudas cítricas. Campina Grande (PB), 2011.

CE	pH	H	Al	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>
Suspensão		----- Trocável cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----									
5,5 dS m <sup>-1</sup>	5	16,8	0,2	0,197	2,58	35,58	29,07	-	-	-	-
Extrato Saturação		----- Solúvel mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									
7,4 dS m <sup>-1</sup>	5,01	-	-	6,16	8,09	39,25	21,25	0	2,4	31,75	P

Na avaliação do índice de velocidade de emergência, verificaram-se valores entre 0,27 e 0,3 entre os genótipos, não ocorrendo diferença significativa entre os genótipos estudados; contudo, após a emergência, deixou-se desenvolver apenas uma planta por recipiente, a de maior vigor dentro do padrão fenotípico de cada genótipo, presumivelmente de origem nucelar, eliminando as demais, procedendo-se, ainda, a seleção dos materiais de modo a se ter plantas com o mesmo tamanho inicial, objetivando diminuir possíveis efeitos ocasionados por diferenças nos tempos de germinação.

Na fase de emergência das sementes, até 60 dias após semeadura (DAS), a irrigação foi feita com água de abastecimento local, duas vezes ao dia; após esse período, se iniciaram os tratamentos com as águas correspondentes aos respectivos níveis de condutividade elétrica. O experimento se estendeu até 150 DAS, quando foram coletadas as plantas. A irrigação foi realizada manualmente com uso de regador pré-calibrado, sendo aplicado 1,5 L para cada grupo de 72 tubetes, correspondentes aos genótipos irrigados com o mesmo nível de salinidade, resultando em um volume aproximado de 20 mL por tubete, em cada evento de irrigação.

Avaliou-se, mensalmente, até 150 DAS, os caracteres altura de planta (ALT) (cm), diâmetro de caule (DIAM) (cm) e número de folhas (NF), desta maneira, obteve dados aos 60, 90, 120 e 15 DAS, os quais foram estudados em função do tempo. Na última avaliação, aos 150 DAS, obteve-se, ainda: a área foliar (AF) (cm<sup>2</sup>) com escaneamento do limbo foliar, e medição utilizando-se o programa Image Tool®; o teor relativo de água (TRA) (%), com coleta e análise das folhas entre 5 e 8 horas da manhã, e a fitomassa seca total (FST) (g), de acordo com as recomendações de Fernandes (2002), complementando os dados de crescimento em altura, diâmetro e número de folhas neste período.

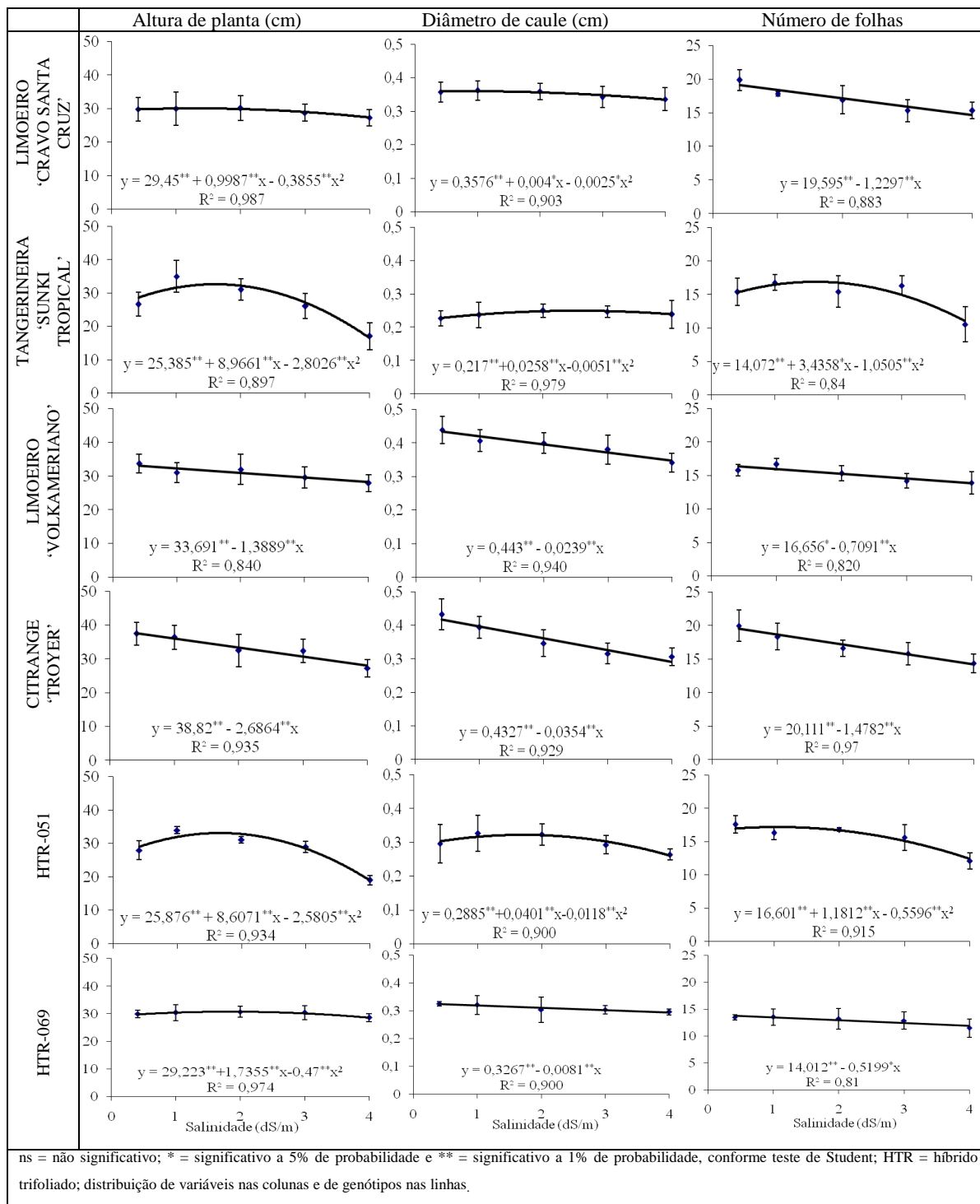
Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância, pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foram realizadas análise de regressão polinomial, para o fator 'salinidade da água de irrigação', destacando-se os genótipos com maiores médias; realizou-se, também, análise de correlação de Pearson das variáveis estudadas para cada genótipo (STORCK et al., 2000), utilizando o programa SAEG 9.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na altura de planta constatou-se efeito linear decrescente da salinidade sobre o citrange 'Troyer' e o limoeiro 'Volkameriano' (Figura 1), com redução de 2,68 e 1,39 cm, respectivamente, por aumento unitário da CEa. Nos demais genótipos o comportamento foi quadrático, com máximo em altura estimada na CEa de 1,30; 1,60; 1,67 e 1,85 dS m<sup>-1</sup> para o limoeiro 'Cravo Santa Cruz', tangerineira 'Sunki Tropical', HTR-051 e HTR-069, respectivamente. Comparando-se as alturas de planta obtidas nesses níveis com as obtidas no maior nível de estresse (4 dS m<sup>-1</sup>), notou-se redução de 9,37%, 49,60%, 42,47% e 7,07% nos referidos genótipos, respectivamente.

Destaca-se o citrange 'Troyer' com maior altura média estimada, porém com o maior decréscimo no crescimento por aumento unitário da CEa. Estudando-se o crescimento em altura em função do tempo, verificou-se maior potencial no limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) e tangerineira 'Sunki Tropical' (Figura 2), todavia, o LCRSTC possui menor redução no crescimento em altura com o aumento da salinidade. Tal diferenciação no crescimento e efeito da salinidade é relatado por Ayers e Westcot (1999), sendo observado por Brito et al. (2008) e Fernandes et al. (2011), também estudando genótipos de citros sob irrigação com água salina, o que pode ser atribuído a carga genética do material e a capacidade de adaptação ao meio (Homeostase).

Maior diâmetro de caule, estimado pelas equações de regressão (Figura 1), foi observado no limoeiro 'Volkameriano' (0,43 cm), com redução na ordem de 0,0239 cm em diâmetro por aumento unitário da CEa. Destaca-se a maior redução, que ocorreu no citrange 'Troyer', com o aumento unitário do nível de salinidade da água de irrigação (CEa), na ordem de 8,47%. No limoeiro 'Cravo Santa Cruz', tangerineira 'Sunki Tropical' e no híbrido HTR-051, o efeito da salinidade foi quadrático, com maior diâmetro estimado na CEa de 0,80; 2,53 e 1,70 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Constatou-se, entre os genótipos, diâmetros entre 0,2 e 0,45 cm, valores estes superiores aos obtidos por Souza et al. (2005) (1,68 mm de diâmetro em híbrido de Trifoliata (*P. trifoliata*), sob diferentes substratos aos 120 dias após semeadura), o que está relacionado às diferenças genéticas dos materiais e ao tempo de avaliação.



**Figura 1.** Efeito dos níveis de salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ ) da água sobre a altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas aos 150 dias após a semeadura (DAS), relativamente aos genótipos de citros estudados. Campina Grande, PB, 2011.

Os maiores incrementos nos valores de diâmetro de caule, ao longo do tempo de estudo, foram registrados nos limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano' (Figura 2), indicando que esses genótipos podem estar aptos à enxertia em um período de tempo menor que os demais porta-enxertos.

Na Figura 1 tem-se, também, os dados de número de folhas dos genótipos em função da salinidade da água, observando-se comportamento linear

decrecente no limoeiro 'Cravo Santa Cruz', citrange 'Troyer', limoeiro 'Volkameriano' e no híbrido trifoliado HTR-069; nesses genótipos obteve-se redução de 6,44% (1,23 folhas), 4,33% (1,48 folha), 7,58% (0,71 folha) e 3,77% (0,52 folha), no número de folhas, respectivamente, por aumento unitário nos níveis de salinidade, em relação ao menor nível de salinidade aplicado ( $0,41 \text{ dS m}^{-1}$ ). Na tangerineira 'Sunki Tropical' e no híbrido HTR-051 o efeito foi

quadrático, constatando-se maior número de folhas em 1,64 e 1,06 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, com redução de 34,79% e 28,17% no número de folhas entre esses níveis e o tratamento com maior concentração de sais.

Tais reduções no número de folhas observadas, sejam a partir do menor nível de salinidade estudado em equações lineares, ou da salinidade obtida por derivação em equações quadráticas, foram decorrentes da redução no potencial de crescimento dos genótipos, ou seja, não ocorreu abscisão foliar, como indicam Levy e Syvertsen (2004) ao informar que o cloreto absorvido se acumula nas folhas de citros e ocasionando sua abscisão ou mesmo decréscimo no crescimento. Ademais, estes resultados corroboram com os identificados por Fernandes et al. (2011), que também estudaram genótipos de citros recomendados como porta-enxerto sob água salina.

Ao se estudar o crescimento em número de folhas em função do tempo, durante o período de formação dos porta-enxertos sob salinidade, destacase os limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano', o citrange 'Troyer' e o HTR-069 com índices os mais altos (Figura 2), tal aspecto é relevante principalmente para o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e o HTR-069, que além apresentarem baixa redução no crescimento com o aumento da salinidade, estão entre os genótipos com maior índice de crescimento em número de folhas.

Um fato interessante está relacionado à análise geral dos dados, percebendo-se, em todas as variáveis de crescimento, estudadas aos 150 dias após semeadura, que o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e o híbrido trifoliado-069 tiveram menor redução com aumento da salinidade da água, fato que permitiu inferir que estes genótipos têm potencial de crescimento sob estresse salino.

Ademais, analisando-se os dados do Cravo Santa Cruz' e do HTR-069, verifica-se que a maior redução no crescimento por incremento unitário na salinidade da água se deu no número de folhas, sendo observado valores de 6,44% (1,23 folhas) e 3,77% (0,52 folha), respectivamente, deste modo, considerando critério adotado por Ayers e Westcot (1999), que informam que é aceitável uma diminuição no crescimento em até 10%, isto é, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%, observando-se os valores aqui descritos, é possível obter mudas destes porta-enxertos com águas contendo 1,96 dS m<sup>-1</sup> e 3,06 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tendo em vista estas informações, ressalta-se a viabilidade de seleção de genótipos de citros adaptados ao convívio com o estresse salino, a exemplo do HTR-069, o que está em conformidade com observações feitas por Nascimento et al. (2012), avaliando o efeito do estresse hídrico na formação de porta-enxertos cítricos, verificando os mencionados autores no híbrido TSKC x CTARG-019, também obtido pelo PMG Citros, a menor redução no número

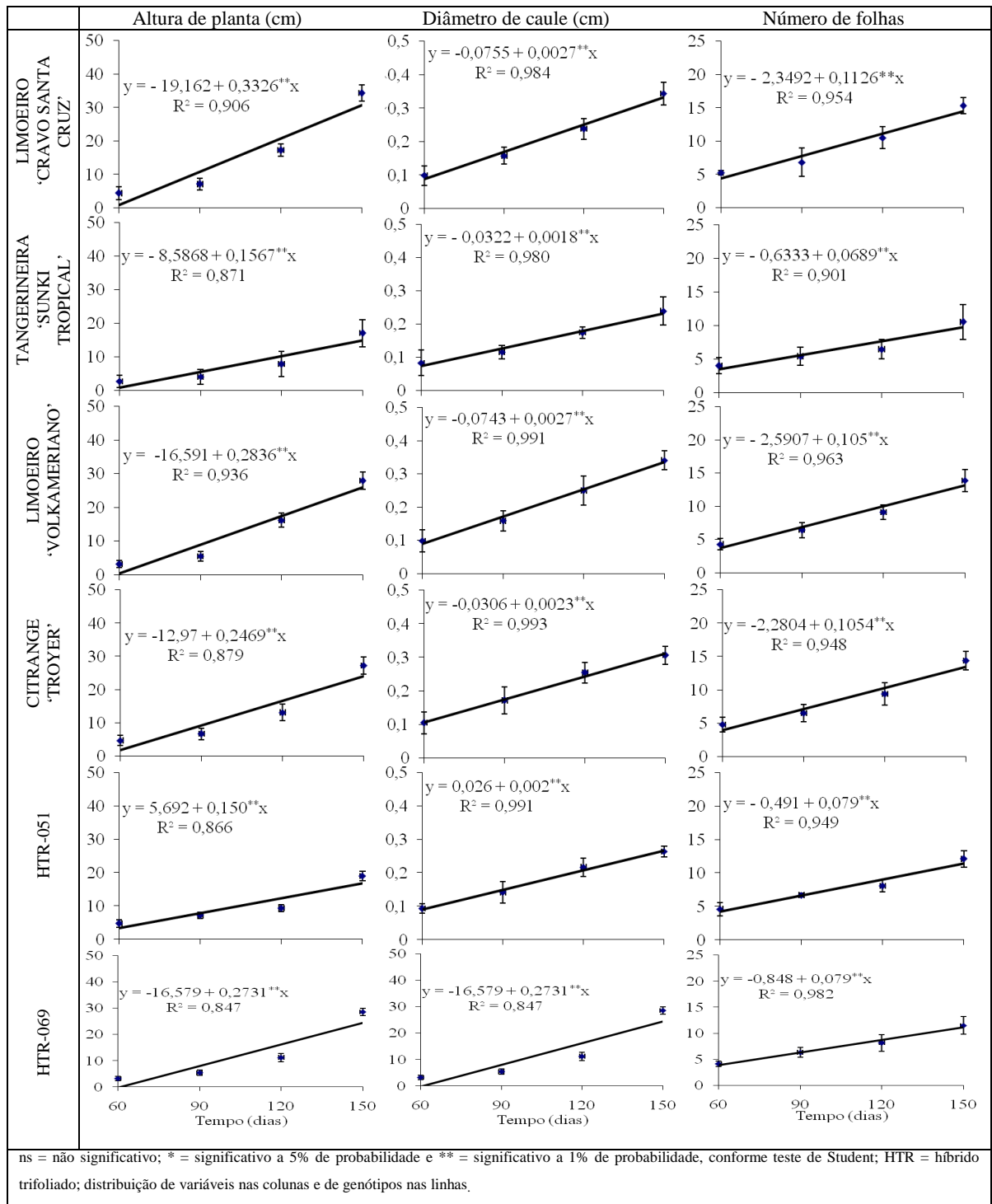
de folhas. Suassuna et al. (2012), igualmente estudando genótipos de citros selecionados pelo PMG Citros, nas mesmas condições do trabalho de Nascimento et al. (2012), observaram menor decréscimo da fitomassa das folhas em TSKFL x CTTR-017. Deve-se atender, porém, ao fato de que todos esses resultados podem estar relacionados ao vigor desses genótipos por se, dado que há indivíduos com um potencial intrínseco de maior desenvolvimento vegetativo que outros, conforme destacado por Brito et al. (2008).

Na área foliar (Figura 3) constatou-se comportamento linear decrescente para o citrange 'Troyer' e o limoeiro 'Volkameriano', com redução de 15,46 e 9,69 cm<sup>2</sup> por aumento unitário da CEa, respectivamente. Os dados de área foliar se ajustaram ao modelo quadrático em função dos níveis de salinidade, no limoeiro 'Cravo Santa Cruz', tangerineira 'Sunki Tropical', HTR-051 e HTR-069, com valores máximos em níveis de CEa de 2,06; 1,28; 1,31 e 1,17 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente; entre estes e o maior nível de salinidade testado (4 dS m<sup>-1</sup>), verificou-se reduções de 21,95%, 67,26%, 56,58% e 19,67% na área foliar, respectivamente.

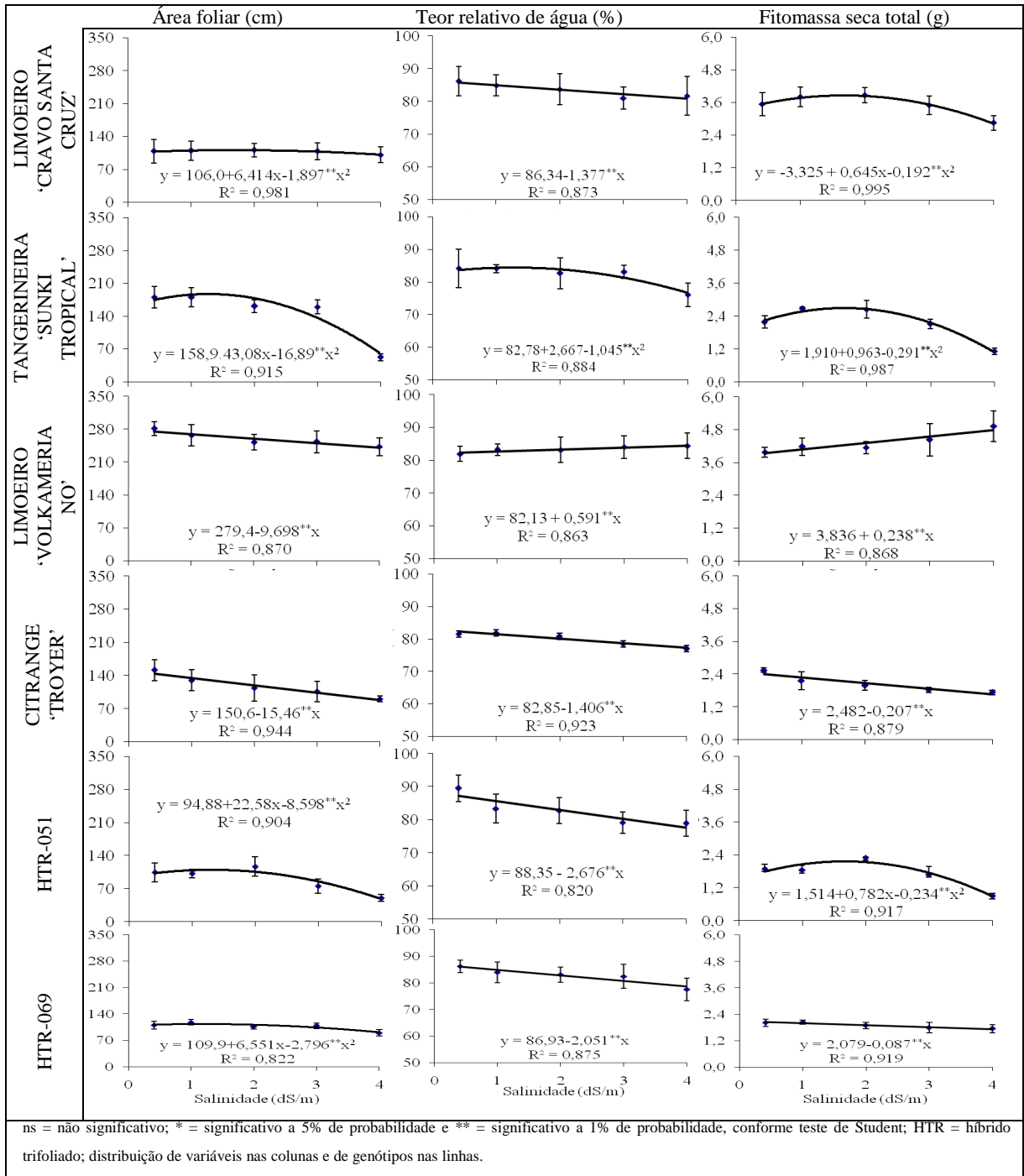
Observou-se, ainda, correlação significativa (Tabela 2) entre a área foliar e a altura de planta, com valores mais altos nos limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano'. Nestes genótipos foram registrados os maiores valores para área foliar, mesmo nos tratamentos de maior salinidade, o que indica maior eficiência na captação de luz, realização de fotossíntese e formação de fotoassimilados, contribuindo para o crescimento das plantas, assim como é informado em Taiz e Zeiger, (2009).

O teor relativo de água (TRA) nas folhas decresceu linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação nos limoeiros 'Cravo Santa Cruz' e 'Volkameriano', citrange 'Troyer', HTR-051 e HTR-069, na ordem de 1,37%, 0,59%, 1,41%, 2,68% e 2,05% do conteúdo em si, respectivamente (Figura 3), destacando-se o 'Volkameriano' com melhor manutenção do conteúdo de água nas células (menor perda por aumento da salinidade).

Na tangerineira 'Sunki Tropical' observou-se comportamento quadrático (Figura 3), com maior TRA na condutividade elétrica estimada em 1,28 dS m<sup>-1</sup>, ocorrendo decréscimo no conteúdo de água entre este nível e o maior nível de salinidade da água (4 dS m<sup>-1</sup>) de 9,17%. Redução no TRA, de igual magnitude, foi observada por Machado (1999) em laranja 'Valência' (*C. sinensis*) com a diminuição da umidade do substrato. De maneira semelhante, Cruz et al. (2003) observaram redução na condutância estomáticas em plantas de limoeiro 'Cravo' cultivadas em soluções salinas. A redução na turgescência das folhas pode estar relacionada à redução na disponibilidade de água ocasionado pelo aumento na concentração de sais, todavia, essa redução no potencial é pouco expressiva quando comparada com a redução observada nas variáveis de crescimento, podendo-se



**Figura 2.** Crescimento em altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas em função do tempo sob o maior nível de estresse salino (4 dS m<sup>-1</sup>) aplicado. Campina Grande, PB, 2011.



**Figura 3.** Efeito dos níveis de salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de água sobre a área foliar, teor relativo de água e fitomassa seca total aos 150 dias após a semeadura (DAS), relativamente aos genótipos de citros estudados. Campina Grande, 2011.

**Tabela 2.** Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas em cada genótipo de citros. Campina Grande (PB), 2011.

	DIAM	NF	AF	TRA	FST
LIMOEIRO 'CRAVO SANTA CRUZ'					
ALT	0,1046 <sup>ns</sup>	0,7857 <sup>***</sup>	0,7386 <sup>***</sup>	-0,2664 <sup>ns</sup>	0,6796 <sup>***</sup>
DIAM	-	0,6190 <sup>***</sup>	0,16448 <sup>ns</sup>	-0,2465 <sup>ns</sup>	0,4101 <sup>*</sup>
NF		-	0,6015 <sup>***</sup>	-0,0025 <sup>ns</sup>	0,5470 <sup>**</sup>
AF			-	-0,3322 <sup>ns</sup>	0,6262 <sup>**</sup>
TRA				-	-0,1015 <sup>ns</sup>
TANGERINEIRA 'SUNKI TROPICAL'					
ALT	0,2380 <sup>ns</sup>	0,2532 <sup>ns</sup>	0,6044 <sup>***</sup>	0,3613 <sup>*</sup>	0,7557 <sup>***</sup>
DIAM	-	0,3028 <sup>*</sup>	-0,0534 <sup>ns</sup>	-0,2443 <sup>ns</sup>	0,0534 <sup>ns</sup>
NF		-	0,7052 <sup>**</sup>	-0,0885 <sup>ns</sup>	0,6862 <sup>**</sup>
AF			-	0,4149 <sup>*</sup>	0,8499 <sup>***</sup>
TRA				-	0,3674 <sup>*</sup>
LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO'					
ALT	-0,3264 <sup>ns</sup>	0,1571 <sup>ns</sup>	0,7514 <sup>*</sup>	-0,2916 <sup>ns</sup>	-0,8887 <sup>*</sup>
DIAM	-	-0,1164 <sup>ns</sup>	0,3512 <sup>ns</sup>	0,0355 <sup>ns</sup>	0,2808 <sup>ns</sup>
NF		-	0,1881 <sup>ns</sup>	-0,0966 <sup>ns</sup>	0,2925 <sup>ns</sup>
AF			-	0,2627 <sup>ns</sup>	0,9513 <sup>**</sup>
TRA				-	-0,0306 <sup>ns</sup>
CITRANGE 'TROYER'					
ALT	0,6092 <sup>**</sup>	0,8338 <sup>***</sup>	0,5717 <sup>**</sup>	0,3153 <sup>ns</sup>	0,4229 <sup>*</sup>
DIAM	-	0,6626 <sup>**</sup>	0,5859 <sup>**</sup>	0,4115 <sup>*</sup>	0,6003 <sup>**</sup>
NF		-	0,6787 <sup>**</sup>	0,3239 <sup>ns</sup>	0,5887 <sup>**</sup>
AF			-	0,3776 <sup>*</sup>	0,8152 <sup>***</sup>
TRA				-	0,2374 <sup>ns</sup>
HTR (híbrido trifoliado) - 051					
ALT	0,4459 <sup>*</sup>	0,2173 <sup>ns</sup>	0,3631 <sup>*</sup>	-0,0997 <sup>ns</sup>	0,3322 <sup>ns</sup>
DIAM	-	0,3279 <sup>ns</sup>	0,4276 <sup>*</sup>	0,0254 <sup>ns</sup>	0,3169 <sup>ns</sup>
NF		-	0,3869 <sup>*</sup>	-0,0138 <sup>ns</sup>	0,6772 <sup>***</sup>
AF			-	0,3857 <sup>*</sup>	0,8670 <sup>***</sup>
TRA				-	0,1542 <sup>ns</sup>
HTR-069					
ALT	-0,0446	0,6230 <sup>**</sup>	0,3943 <sup>*</sup>	-0,0689 <sup>ns</sup>	0,0316 <sup>ns</sup>
DIAM	-	-0,1954 <sup>ns</sup>	0,1294 <sup>ns</sup>	0,3477 <sup>*</sup>	0,1309 <sup>ns</sup>
NF		-	0,3869 <sup>*</sup>	-0,0138 <sup>ns</sup>	0,1545 <sup>ns</sup>
AF			-	0,2764 <sup>ns</sup>	0,4307 <sup>*</sup>
TRA				-	0,0563 <sup>ns</sup>

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção tropical, limoeiro Volkamerino (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq), Citrange [*C. sinensis* x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] 'Troyer', HTR: híbrido trifoliado - 051, HTR - 069; ns = não significativo; \* = significativo a 5% de probabilidade, \*\* = significativo a 1% de probabilidade e \*\*\* = significativo a 0,1% de probabilidade; ALT = altura de planta, DIAM = diâmetro de caule; NF = número de folhas, AF = área foliar; TRA = teor relativo de água, FST = fitomassa seca total.

deduzir que há a ocorrência de mecanismos de tolerância das plantas ao estresse, ainda, podem estar ocorrendo efeitos de origem tóxica, por meio do aumento da concentração de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no solo, que podem desencadear distúrbios nutricionais.

Para confirmar essa situação, tem-se que não houve correlação significativa, maior que 0,5, entre as variáveis de crescimento e o teor relativo de água em nenhum genótipo (Tabela 2), podendo-se verificar que, embora a salinidade tenha ocasionado danos na expansão e divisão celular, observado pelo menor crescimento em altura de planta, número de folhas ou área foliar, as células tiveram seu teor hídrico regulado. Assim, é possível informar que o efeito do

estresse salino não é pontual, mas cumulativo. Isso foi identificado por outros autores, a exemplo de Cruz et al. (2003), os quais, embora tenham relacionado efeito significativo das concentrações de sais na água, observaram menor redução na condutância estomática que em outras variáveis. De forma análoga, Suassuna et al. (2010), estudando a eficiência fotoquímica de mudas de maracujazeiro sob déficit hídrico, o qual compõe o estresse salino, verificaram maior expressão do efeito do estresse nas variáveis de crescimento em relação as fisiológicas, desta maneira, embora os dados fisiológicos sejam interessantes e contribuam para explicar ajudar a explicar o efeito do estresse, a maior expressão ocorrerá em



variáveis que mensurem a expansão e a divisão celular.

Isso pode ser evidenciado também na fitomassa seca total (FST), onde o decremento em função do aumento da salinidade foi superior aos observados no teor relativo de água e nas outras variáveis para a maioria dos genótipos. Nesta variável, ainda, pode-se destacar maiores valores nos limoeiros 'Volkameriano' e 'Cravo Santa Cruz'. Verificando-se, para o 'Volkameriano' a menor sensibilidade ao estresse salino, sendo o único genótipo no qual se houve aumento da FST (modelo linear crescente) (Figura 3) com o aumento da CEa de irrigação. Com base nos dados da equação linear obtida, notou-se que nesse genótipo a fitomassa total aumentou 0,24 g por incremento unitário da salinidade, a partir de 3,84 g.

Seguido ao 'Volkameriano', destaca-se o 'Cravo Santa Cruz', mas com efeito quadrático com o aumento da salinidade, formando-se mais FST no nível de 1,68 dS m<sup>-1</sup> de CEa; entre esse nível e o de 4 dS m<sup>-1</sup> houve redução da FST em 26,83%. O efeito da salinidade também foi quadrático na tangerineira 'Sunki Tropical' e no híbrido HTR-051, formando-se mais FST irrigando-se as plantas com água de 1,65 e 1,67 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Pode-se notar, com isso, que há mecanismos de tolerância ao estresse, pois conforme descrito em Ferguson e Grattan (2005) as plantas de citros toleram salinidade entre 1,2 e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, havendo uma redução a partir deste ponto no crescimento e produção das plantas.

Conforme disposto em Taiz e Zeiger (2009), há vários mecanismos de tolerância das plantas ao estresse, dentre esses, menciona-se o ajustamento osmótico, a compartimentação de sais nos vacúolos de folhas velhas e a redução da absorção de elementos tóxicos, o que também é relatado para plantas de citros (ADNAN, 2004), sendo que, neste contexto, é de grande importância a identificação de materiais a serem usados como porta-enxertos que possuam tais características (GARCÍA-SANCHEZ et al., 2006).

Para o 'Troyer' e o HTR-069 foi significativo o modelo linear decrescente nos estudos de regressão, com reduções de 0,20 e 0,09 g, com o aumento unitário da CEa, respectivamente. Peixoto et al. (2006) notaram decréscimo da matéria seca em genótipos de citros sob efeito de estresse hídrico, corroborando com as observações deste trabalho, já que o estresse hídrico é considerado um componente do estresse salino, contudo, deve-se salientar que a salinidade pode ter efeito mais expressivo em função de ocorrência de outros componentes, como o efeito tóxico de íons específicos ou de natureza nutricional, como explicam Ferguson e Grattan (2005).

Ainda quanto a FST, pode-se observar correlações preditivas, na maioria dos genótipos com a altura de planta (ALT) (com exceção dos híbridos trifoliados) e a área foliar (AF), sendo um indicativo da fitomassa total ser uma variável útil para se avaliar o efeito do estresse salino nos estudos de genóti-

pos de citros.

Considerando que a fitomassa seca foi a variável de maior correlação entre essas na maioria dos genótipos, pode-se deduzir que o citrange 'Troyer' foi genótipo mais sensível à salinidade, pois ocorreu a maior redução percentual com aumento unitário na salinidade da água. Por outro lado, ainda analisando a FST, no HTR – 069 e no limoeiro 'Volkameriano' notou-se as menores efeitos depressivos da salinidade o que permite dizer que são materiais com tolerância ao estresse.

A respeito do HTR-069, além da baixa redução no crescimento observada com o aumento unitário da salinidade da água, verificou-se em geral um menor crescimento das plantas, resposta esta que pode ser atribuída ao próprio genótipo em si, o que o qualifica como porta-enxerto potencialmente útil ao emprego de maiores densidades de plantio, característica esta de grande interesse no convívio com o *huanglongbing* (HLB, *ex-greening*), dado que o que se espera, em áreas de ocorrência dessa terrível enfermidade, é que o pomar cítrico produza o máximo possível em curto espaço de tempo (STUCHI; GIRARDI, 2011). Assim sendo, além de seu potencial de tolerância ao estresse salino, o HTR-069 pode ser um material promissor no tocante a outros atributos de interesse ao citricultor.

## CONCLUSÃO

A salinidade da água reduz o crescimento dos genótipos de citros recomendados como porta-enxertos, notadamente no maior nível estudado (4 dS m<sup>-1</sup>).

A fitomassa seca total mostrou-se como a variável mais indicada para avaliar os efeitos do estresse salino nos genótipos estudados.

O conteúdo de água nas plantas é pouco reduzido pelo aumento da salinidade da água, indicando a ocorrência de ajustamento osmótico;

O limoeiro 'Volkameriano' e o HTR – 069 foram os genótipos menos sensíveis ao estresse salino.

A salinidade da água de até 2,0 dS m<sup>-1</sup> pode ser usada, porém ocasionando pequena restrição no crescimento dos genótipos de citros recomendados como porta-enxertos, notadamente no limoeiro 'Volkameriano', tangerineira 'Sunki Tropical', limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e HTR – 069.

## REFERÊNCIAS

ADNAN, A.Y.; Influence of salinity on citrus: A review paper. **Central European Agriculture Journal**, Plovdiv, v.5, n.4, p.23-27, 2004.

- ANDRADE JUNIOR, A.S. de. et al. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. **A qualidade da água na irrigação do trópico 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**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, Revisado I.
- AZEVEDO, C.L.L. **Sistema de produção de citros para o Nordeste**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, BA. Sistema de Produção, 16. Versão eletrônica, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Citros/CitrosNordeste/index.htm>, 2003.
- BRITO, L.T.L. et al. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.596-602, 2005.
- BRITO, M.E.B. et al. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.4, p 343-353, 2008.
- CRUZ, J.L. et al. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.528-531, 2003.
- FAO. **Agriculture production: citrus production**. Rome, 2007. <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> (08 out. 2009).
- FERGUSON, L.; GRATAN, S.R. How Salinity Damages Citrus: Osmotic Effects and Specific Ion Toxicities. **HortTechnology**, Alexandria, v.15, n.1, 2005.
- FERNANDES, P. D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002. 52 p.
- FERNANDES, P.D. et al. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, New York, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; et al. The response of young mandarin trees grown under saline conditions depends on the rootstock. **European Journal of Agronomy**, [S.L.], v. 24, p. 129-139, 2006.
- LEVY, Y.; SYVERTSEN, J.P., Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. **Horticulture Review**, Hoboken, New Jersey, v. 30, p. 37–82, 2004.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira 'Valência'. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 217-226. 1999.
- MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**, Campinas, Instituto Agrônomo e Fundag, 2005, 929p.
- MEDEIROS, J.F. de. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p. 469-472, 2003.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bring them together. **New Phytologist**, Hoboken, New Jersey, v.143, p.645-663, 2005.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Reviews of Plant Biology**, [S. L.], v. 59, p. 651-681, 2008.
- NASCIMENTO, A. K. S.; et al. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n. 1, p.14- 22, 2012.
- PEIXOTO, C.P. et al. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.439-443, 2006.
- SILVA, F. V. da. et al. F. Produção de citros irrigados com água moderadamente salina. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 396 - 407, 2012.
- SOARES, T.M. et al. Irrigação de porta-enxertos cítricos com água salina. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.428-440, 2006.

SOUZA, P.V.D. de. et al. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento vegetativo do porta-enxerto flying dragon (*Poncirus trifoliata*, var. montruosa Swing). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.285-287, 2005.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000. 198p.

STUCHI, E.S.; GIRARDI, E.A. Adensamento de plantio deve ser o quarto elemento no manejo do HLB. **Citricultura Atual**, Campinas, v. 16, n. 81, p. 12 - 16, 2011.

SUASSUNA, J.F. et al. Desenvolvimento e eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 566-571, 2010.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; NASCIMENTO, R.; OLIVEIRA, A. C. M.; BRITO, K. S. A.; MELO, A. S. Produção de fitomassa em genótipos de citros submetidos a estresse hídrico na formação do porta-enxerto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.12, p.1305-1313, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 819p.