

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.3, n.4, p.343-353, out.-dez., 2008

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 364 - 28/03/2008 - Aprovado em 03/07/2008

Marcos E. B. Brito²

Pedro D. Fernandes²

Hans R. Gheyi²

Alberto S. de Melo³

José A. F. Cardoso²

Walter dos S. Soares Filho⁴

Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos¹

RESUMO

Objetivou-se avaliar a sensibilidade de quatro híbridos de Citrange, da tangerina Sunki Tropical e do Limoeiro Cravo 'Santa Cruz' sob estresse salino durante a fase de formação de porta-enxerto. O experimento foi realizado em casa de vegetação no delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições, composto por um esquema fatorial entre cinco níveis de salinidade da água de irrigação (testemunha, irrigação com água de abastecimento, condutividade elétrica da água (CE_a) de 0,41 $dS\ m^{-1}$ e águas com CE_a de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 $dS\ m^{-1}$) e seis genótipos, durante um período de 150 dias. Observaram-se efeitos de genótipo e salinidade nas variáveis de crescimento e fisiológicas, com redução mais expressiva na fitomassa seca total, destacando-se o limoeiro Cravo com menor redução no crescimento e redução linear com aumento da salinidade nos híbridos CTARG-015, CTARG-081 e CTC13-005. Indica-se o limoeiro Cravo 'Santa Cruz' para a formação de mudas de porta-enxertos de citros sob salinidade.

Palavras-chave: *Citrus* SP, estresse salino, crescimento

Sensitivity of Citrange hybrids and varieties under salinity stress in formation of rootstocks

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate four Citrange hybrid, mandarin Sunki Tropical and the Rangpur Lemon 'Santa Cruz' under saline stress during the formation of rootstocks, in an experiment carried out in a greenhouse, with randomized design in blocks, with five repetitions, five levels of salinity of the irrigation water (control, irrigation with tap water, electrical conductivity (EC_w) of 0,41 $dS\ m^{-1}$ and water with EC_w 1,0; 2,0; 3,0 and 4,0 $dS\ m^{-1}$) and six genotypes, with four plants, during 150 days during which growth and physiologic variables were evaluated. Genotype and salinity effects were observed in most of the variables evaluated with strong reduction in total dry matter and good correlations with others variables. The Rangpour lemon presented smaller growth reduction and the hybrid CTARG-015, CTARG-081 and CTC13-005 linear reductions with salinity. The Rangpur lemon is indicated for formation of the citrus rootstocks under salinity.

Key words: *Citrus* sp; saline stress, growth

² Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, e-mail: mebbrito@yahoo.com.br

³ Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV Catolé do Rocha - PB

⁴ Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA

¹ Extraído da Dissertação do primeiro autor.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é um dos fatores que mais afeta a germinação das sementes, a formação de mudas, o crescimento, o desenvolvimento e a produção quantitativa e qualitativa das culturas. Regiões áridas e semi-áridas são mais sujeitas aos problemas de salinidade devido à deficiência hídrica e às condições de alta evaporação, durante a maior parte do ano (Ayers & Westcot, 1999; Tester & Davenport, 2003).

Os sais podem afetar o crescimento das plantas em virtude da sua concentração na solução do solo, elevando a pressão osmótica e reduzindo a disponibilidade de água para os vegetais (Richards, 1954); pode ocorrer, também, o efeito tóxico de íons específicos, como sódio, cloreto, boro e nitrato, dentre outros, que provocam injúrias, associado à acumulação excessiva do íon específico na planta (Flowers, 2004; Flowers & Flowers, 2005). Epstein & Bloom (2006) mencionam duas formas de efeito dos sais sobre os cultivos, abordados por Richards (1954), e complementam com uma terceira que seria o efeito específico de natureza nutricional, com influência mais marcante que o efeito osmótico. Rhoades & Loveday (1990) e Ayers & Westcot (1999) citam, ainda, os possíveis efeitos indiretos causados por alterações físicas e químicas no solo. A exemplo do sódio devido aos danos causados por este elemento como o efeito na infiltração e fertilidade do solo além de efeito fitotóxico nas plantas (Tester & Davenport, 2003; Flowers, 2004; e Flowers & Flowers 2005).

Algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis, em níveis altos de salinidade no solo, enquanto outras são sensíveis em níveis relativamente baixos; essa diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas espécies possuem, o que lhes permite absorver, mesmo em condições salinas, suficiente quantidade de água (Taiz & Zeiger, 2006). A capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente viáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (Tester & Davenport, 2003). A tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre estádios de desenvolvimento; em cada fase a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (Flowers, 2004; Flowers & Flowers, 2005; Munns, 2005).

Na fruticultura irrigada torna-se necessária uma atenção especial no tocante ao manejo da salinização dos solos, notadamente no Nordeste Brasileiro; em particular, quando a fonte hídrica tem altas concentrações de sais sendo, nessas situações, fundamental a geração de conhecimentos que viabilizem a utilização de águas salinas, garantindo sua sustentabilidade. Dentre as fruteiras destacam-se as espécies cítricas, assumindo grande importância no agronegócio brasileiro e com grande potencial de produção na região Nordeste, onde a produtividade é baixa, o que pode ser relacionado ao déficit hídrico ocorrente em boa parte do ano (Cruz et al., 2003). Para obtenção de maiores níveis de rendimento, os citricultores precisam usar irrigação, porém um dos problemas da região é a qualidade da água de poços, açudes e rios, nem sempre adequada ao crescimento normal das plantas cítricas,

devido, sobretudo, à concentração relativamente alta de sais (Medeiros, 1992; Audry & Suassuna, 1995).

O uso de porta-enxertos com boa tolerância ao estresse salino pode viabilizar o uso de água de baixa qualidade e de solos salinos, principalmente nesta região, onde predomina a utilização do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), independente das condições de clima e de solo e das cultivares-copa utilizadas (Azevedo, 2003). Embora essa preferência seja compreensível, já que as características do 'Cravo' satisfazem tanto aos viveiristas como aos citricultores, é evidente o risco de surgimento de doenças e de distúrbios de outra natureza, como estresse salino, originando prejuízos imensuráveis à citricultura como identificado por Singh et al. (2003).

Vários autores (Storey & Walker, 1999; Cruz et al., 2003; Murkute et al., 2005) têm estudado espécies cítricas em condições de salinidade, ressaltando a sensibilidade da cultura e a necessidade de obtenção de materiais genéticos, notadamente porta-enxertos potenciais à produção sob tais condições.

Por tanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de quatro híbridos de Citrange, da tangerina Sunki Tropical e do Limoeiro Cravo 'Santa Cruz' sob estresse salino durante a fase de formação de porta-enxerto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da UFCG, 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 (CEa): S₁ - testemunha (irrigação com água de abastecimento, CEa de 0,41 dS m⁻¹); S₂, S₃, S₄ e S₅ - águas com CEa de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, respectivamente; foram preparadas de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, respectivamente, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação predominante em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (Medeiros, 1992; Audry & Suassuna, 1995), ajustando-as às concentrações de íons da água de abastecimento.

Os genótipos utilizados, cujas sementes foram fornecidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, foram os híbridos: tangerina Sunki Comum (TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) - 015; TSKC x CTARG - 081; Tangerina Sunki da Florida (TSKFL) x Citrange C15 (CTC25) - 010; TSKFL x Citrange C13 (CTC13) - 005; e as variedades tangerina Sunki Tropical e o Limoeiro Cravo 'Santa Cruz'.

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

A semeadura foi realizada em tubetes, com capacidade de 288 mL. Inicialmente foram avaliados a germinação e o cresci-

mento das plantas, seguindo-se orientações de formação de mudas de citros contidas em Agrobayte (2006).

As sementes, devidamente selecionadas e tratadas com Thiram (4g kg⁻¹ de sementes), 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. Após as devidas anotações de emergência, deixou-se desenvolver apenas uma plântula por recipiente, a de maior vigor, eliminando-se as plântulas desuniformes, em relação ao padrão de cada genótipo.

Na fase de germinação das sementes até 60 dias após semeadura (DAS), a irrigação foi feita com água de abastecimento, 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 feita manualmente, duas vezes por dia, 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.

Avaliaram-se: número de folhas (NF), altura de planta (ALT) e diâmetro de caule (DIAM) 150 DAS; área foliar (AF) com escaneamento do limbo foliar, utilizando o programa Image Tool®; área foliar específica (AFE); o teor relativo de água (TRA); fitomassa seca de raiz (FSRAIZ); caule (FSCAULE); folhas (FSFOLHAS); fitomassa seca total (FST) (somatório de FSRAIZ, FSCAULE e FSFOLHAS); e a razão entre a FSRAIZ e a fitomassa seca da parte aérea (somatório de FSCAULE e FSFOLHAS) obteve-se a relação raiz parte aérea (R/PA); seguindo-se recomendações de Fernandes (2002).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foram realizados análise de regressão polinomial para o fator 'salinidade da água de irrigação' e o teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade) para o fator genótipos, realizando-se correlação dos dados para cada genótipo (Ferreira, 2000), utilizando-se do programa SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudando-se o efeito da salinidade nos genótipos aos 150 DAS por análise de regressão (Figura 1A) observa-se comportamento linear decrescente nos híbridos de citrange argentino 015 e 081 assim como no CTC13 com reduções de 1,76, 1,63 e 0,59 folhas por aumento unitário da salinidade da água de irrigação (CEa), a partir do menor nível de salinidade, res-

pectivamente. Para o híbrido CTC25, o limoeiro Cravo e a tangerina Sunki Tropical nota-se comportamento quadrático com maior número de folhas nas CEa de 2,37, 2,04, e 1,64 dS m⁻¹, respectivamente, identificando-se no CTC25 e no Cravo menor efeito da salinidade na redução das folhas após estes níveis de salinidade.

Verifica-se, ainda, nos híbridos de tangerina Sunki com citrange Argentino maior potencial para produção de folhas, fato que pode ser relacionado ao vigor híbrido referente ao cruzamento, haja vista que em uma das variedades parentais (tangerina Sunki Tropical) não se observou tal potencial em formação de folhas. Contudo tal vigor não possibilitou menor redução com aumento da salinidade a estes híbridos (Figura 1A).

A literatura reporta que há expressão de sintomas de toxidez nas folhas de espécies cítricas a partir da CEa de 2 dS m⁻¹ (Singh et al 2003), toxidez que pode influenciar na redução do número de folhas assim como identificado neste trabalho para o limoeiro Cravo e o híbrido CTC25.

Maior crescimento em altura de planta (ALT) foi registrado no genótipo TSKC x CTARG – 081 (Figura 1B), contudo com maior sensibilidade ao aumento da salinidade, verificando-se redução de 3,78 cm na altura (8,68%) com aumento unitário da CEa. Em TSKC x CTARG – 015 e TSKFL x CTC13 – 005 destacam-se reduções de 2,43 e 2,92 cm de altura com aumento unitário da CEa, respectivamente (Figura 1B). Nos demais genótipos observou-se comportamento quadrático, notando-se maior altura estimada aplicando-se CEa de 2,48, 1,29 e 1,59 dS m⁻¹ para o híbrido CTC25, o limoeiro Cravo e a tangerina Sunki, respectivamente; identificou-se, entre estes pontos e o maior nível de salinidade (4dSm⁻¹), maior sensibilidade na tangerina Sunki e menor no híbrido CTC25.

Segundo Lacerda (2000), a habilidade para minimizar o efeito negativo da salinidade depende do genótipo utilizado, como evidenciado neste trabalho, destacando-se a ocorrência de genótipos com baixa redução no crescimento com aumento da salinidade da água de irrigação, indicando o potencial produtivo sob estresse salino; as baixas reduções no crescimento podem ser associadas a mecanismos de tolerância como o ajustamento osmótico, permitindo a redução do potencial hídrico e absorção de água e nutrientes (Taiz & Zeiger, 2006).

Quando ao efeito da salinidade sobre o diâmetro de caule (Figura 1C), observa-se comportamento linear decrescente para os híbridos CTARG-015, CTARG-081 e CTC13 com redução de 6,45, 4,73 e 5,96% com aumento unitário da CEa; para o híbrido CTC25, o limoeiro Cravo e a tangerina Sunki o efeito foi quadrático, com máximo em diâmetro médio estimado na CEa de 1,97, 0,8 e 2,53 dS m⁻¹, respectivamente; com-

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado na produção de mudas cítricas

Table 1. Chemical characteristics of the substrate used in citrus rootstocks production

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

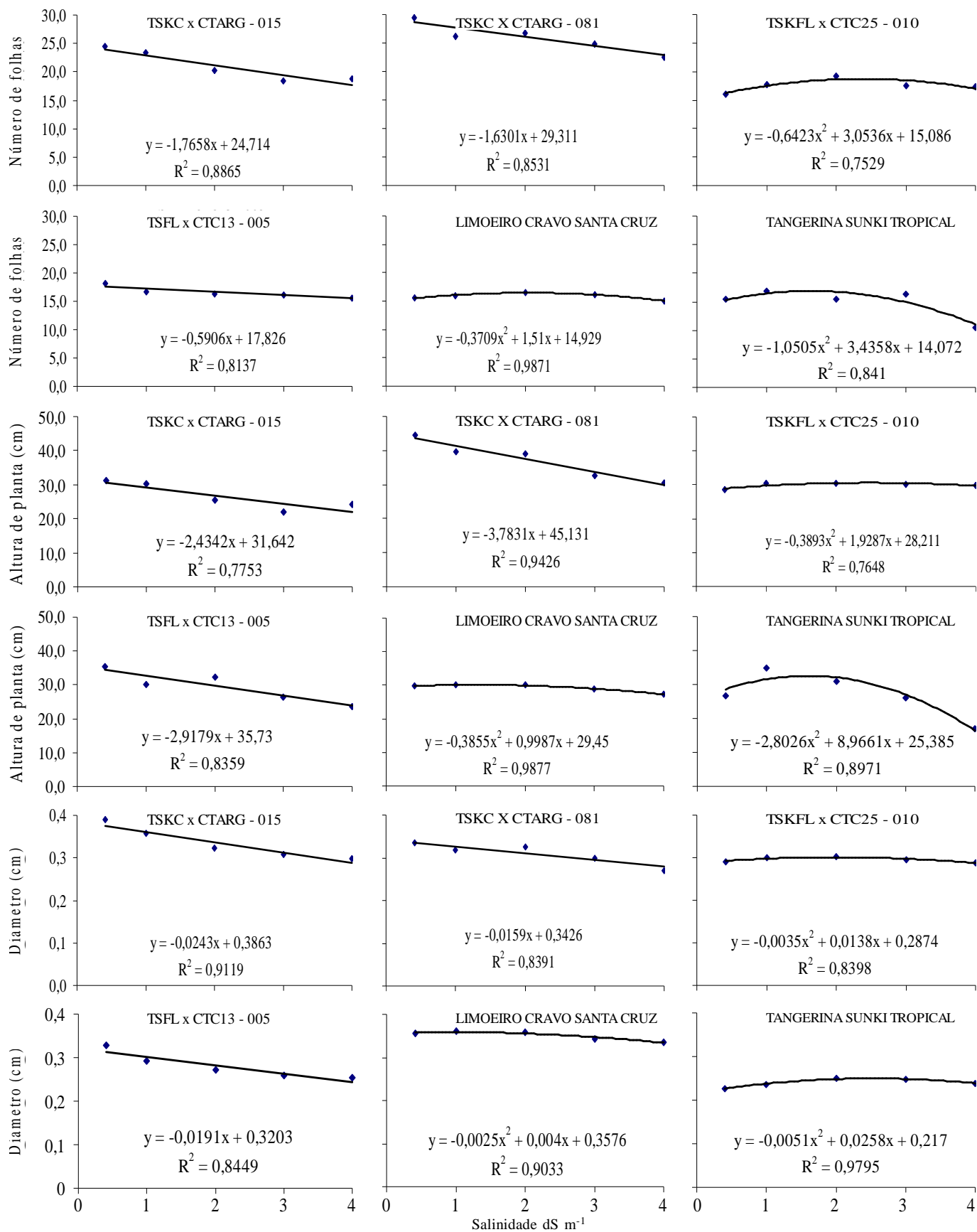


Figura 1. Efeito dos níveis de salinidade (dS m^{-1}) sobre o número de folhas (A), altura de planta (B) e diâmetro de caule (C) em função da salinidade da água aos 150 dias após semeadura para diferentes genótipos de citros estudados

Figure 1. Effect of salinity on leaf number (A) plant height (B) and stem diameter (C) 150 days after seeding of citrus genotypes

parando-se os valores obtidos nestas salinidades, para cada genótipo, com os obtidos no maior nível de salinidade da água (4dS m^{-1}), nota-se menor redução na tangerina Sunki Tropical.

Ao se comparar os maiores valores de diâmetro de caule estimados através das equações de regressão (Figura 1C) para cada genótipo, verifica-se no Limoeiro Cravo um maior potencial para crescimento em diâmetro sob salinidade, sendo esta uma característica desejável, devido sua grande importância na avaliação de porta-enxertos. Neste trabalho os valores médios foram baixos, entre (3,0 e 4,0 mm) no entanto, superiores aos obtidos por Schmitz (1998), em 'Trifoliata' (1,97 mm de diâmetro) com diferentes substratos o que pode ser relacionado ao período de cultivo curto para o aumento desta variável.

Na fitomassa seca das raízes (FSRAIZES), observa-se comportamento linear com decrementos de 0,41 (46,35%), 0,38 g (45,04%) e 0,55g (63,90%) por planta no CTARG – 015, CTARG – 081 e no CTC13, respectivamente, entre os níveis 'S₁' e 'S₅'. Para o limoeiro Cravo o modelo foi quadrático, com máximo em FSRAIZ obtido na CEa de $0,66\text{ dS m}^{-1}$, contudo, ao se aumentar a CEa para $4,0\text{ dS m}^{-1}$, tem-se uma perda de 39,15% em massa (Figura 2A). Comportamento quadrático também é observado no CTC25 e na tangerina Sunki, destacando-se a máxima formação de massa radicular nas CEa de 1,84 e $1,60\text{ dS m}^{-1}$ havendo uma perda de 48,15% e 50% respectivamente entre estes genótipos quando aumentou o nível de salinidade para 4dS m^{-1} .

Com a análise de correlação de Pearson, disposta na Tabela 2, observa-se correlação preditiva da fitomassa seca das raízes com as variáveis de crescimento (NF, ALT e DIAM) apenas no TSKC x CTARG – 015, notando que o aumento na FSRAIZ acompanhou o crescimento da planta, notadamente o crescimento em altura no qual se observa maior índice de correlação (0,8381^{***}) neste genótipo.

Na FSCAULE observa-se, para o CTARG-015, CTARG-081 e CTC13, comportamento linear decrescente; já no CTC25, no limoeiro Cravo e na tangerina Sunki o efeito foi quadrático (Figura 2B), com aumento da salinidade da água.

Em CTARG-015, CTARG-081 e CTC13 as reduções foram na ordem de 13,25, 11,96 e 13,21%, respectivamente, com aumento unitário da CEa. Para o CTC25, o limoeiro Cravo e a tangerina Sunki os maiores valores médios, estimados pelas equações de regressão, foram obtidos nas CEa de 2,04, 1,49 e $1,59\text{ dS m}^{-1}$, respectivamente; maior redução ocorreu na FSCAULE na tangerina Sunki entre o nível de salinidade onde se obteve maiores médias e o nível S₅ de salinidade (4 dS m^{-1}) podendo-se identificar maior sensibilidade deste genótipo à salinidade, para esta variável, assim como observado em altura de planta.

O decréscimo na FSCAULE, em função do aumento da salinidade da água de irrigação, pode estar relacionado à redução na formação de compostos orgânicos, devido a inibição da fotossíntese, como identificado por García-Sánchez & Syvertsen (2006) estudando o crescimento do citrange Carrizo e da tangerina Cleópatra, sob salinidade; afirmação que corrobora com resultados obtidos neste trabalho, onde têm-se correlações preditivas e significa-

tivas entre a FSCAULE e a área foliar (AF) (Tabela 2) nos genótipos estudados.

O maior acúmulo de FSFOLHAS é observado no limoeiro Cravo, havendo semelhança entre os híbridos e a tangerina Sunki. Pelos estudos de regressão (Figura 2C), observa-se comportamento linear decrescente para CTARG – 015, CTARG – 081 e CTC13 – 005, com decréscimos de 8,85, 11,21 e 6,33% em FSFOLHAS, com aumento unitário da CEa, respectivamente; em CTC25–010, limoeiro Cravo e tangerina Sunki o comportamento foi quadrático, havendo maior acúmulo de fitomassa nas CEa de 2,44, 2,14 e $1,69\text{dS m}^{-1}$, respectivamente.

A FSFOLHAS é função do número de folhas e do limbo foliar, constatando-se que, apesar de menor número de folhas aos 150 DAS, obteve-se no limoeiro Cravo o maior acúmulo de fitomassa, o que pode estar relacionado à maior participação do limbo foliar, expresso pela área foliar ou por seu espessamento; isto pode ser comprovado na análise de correlação disposta na Tabela 2 para o limoeiro Cravo, onde o grau de correlação entre o NF e a FSFOLHAS é de 0,6400^{**}, enquanto a correlação entre a FSFOLHAS e a área foliar (AF) é de 0,7449^{***}. Denota-se, assim como em outras variáveis, redução na produção com aumento da CEa, observando-se que a salinidade pode ocasionar problemas em todas as partes da planta, pois o fluxo de seiva inorgânica, via xilema, flui até o mesófilo foliar, arrastado pelo baixo potencial hídrico das folhas decorrente da transpiração translocando íons tóxicos (Taiz & Zeiger, 2006).

A fitomassa seca total (FST) é decorrente da eficiência do vegetal em transformar energia luminosa em fitoassimilados. Nota-se, nesta variável, assim como em suas componentes, maiores médias no limoeiro Cravo. Na análise de regressão disposta na Figura 3A, verifica-se comportamento linear decrescente para CTARG – 015, CTARG – 081 e CTC13-005, havendo redução com aumento unitário da CEa de 11,74, 11,60 e 11,49%, respectivamente. Em CTC25-010, limoeiro Cravo e tangerina Sunki observa-se comportamento quadrático com FST máxima nas CEa, respectivamente, 2,08, 1,68 e $1,65\text{dS m}^{-1}$. O aumento da salinidade da água de irrigação tendeu a reduzir a matéria seca vegetal, o que pode ser relacionado ao maior gasto de energia para absorção de água pelas plantas. Peixoto et al. (2006) também notaram decréscimo da matéria seca em genótipos de citros sob efeito de estresse hídrico, corroborando com os resultados evidenciados neste trabalho.

Maior R/PA foi observada no limoeiro Cravo, contudo, analisando-se a Figura 3B verifica-se, também, redução da relação com aumento da CEa na maioria dos genótipos. O maior decréscimo foi no híbrido CTC13-005, $0,0489\text{ g g}^{-1}$ da raiz em relação a parte aérea; em CTARG – 015, CTARG – 081 e no limoeiro Cravo as reduções foram de 0,0145, 0,0073 e $0,0420\text{ g g}^{-1}$. Para o CTC25 o comportamento foi quadrático com maior relação observada na CEa de $1,23\text{ dS m}^{-1}$. Na tangerina Sunki o modelo que melhor se ajustou foi o linear crescente, verificando-se um incremento de 5,25% com aumento unitário da CEa na relação entre a raiz e a parte aérea.

Neste trabalho, a salinidade tendeu a prejudicar mais severamente o sistema radicular, o que é verificado na análise

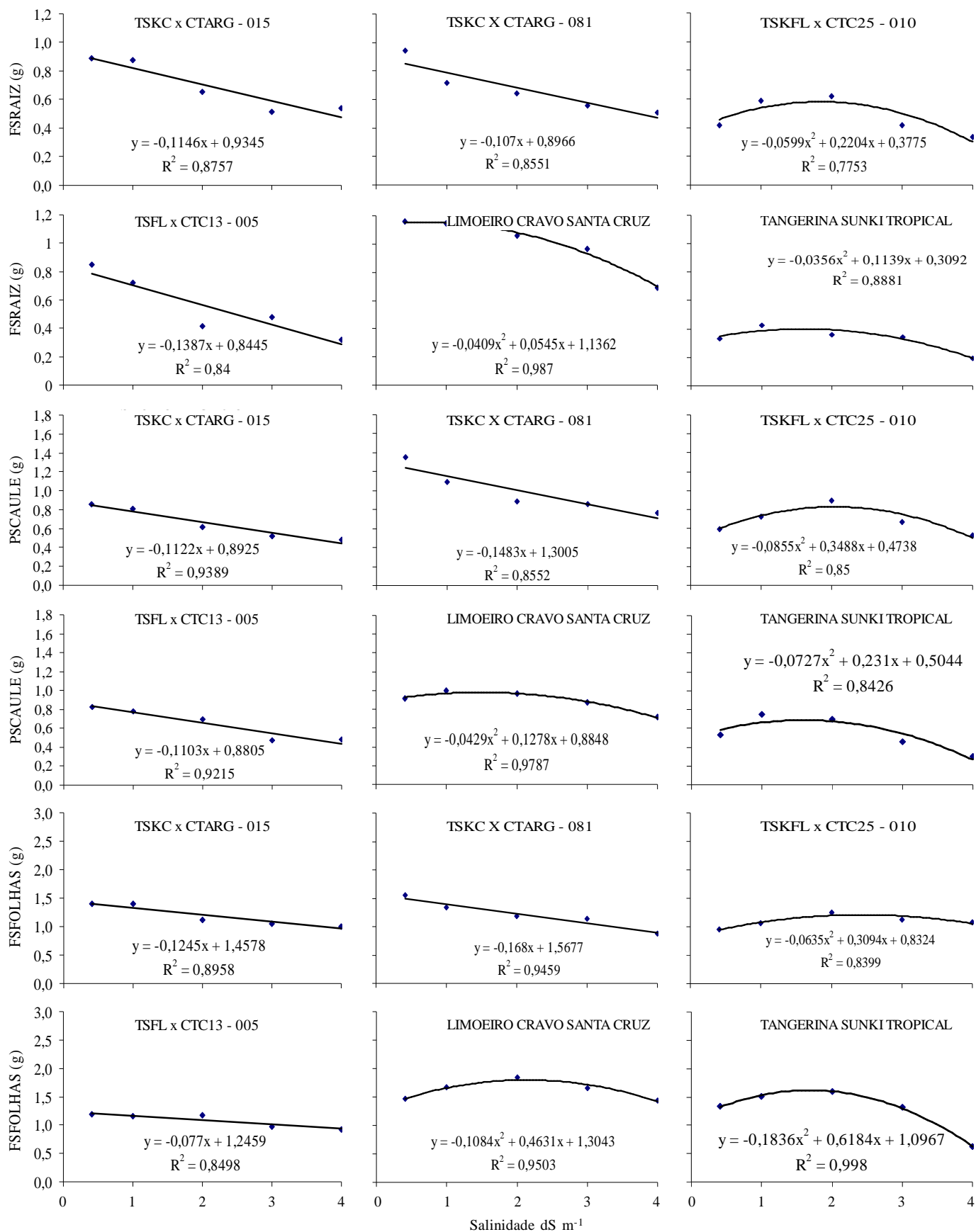


Figura 2. Fitomassa seca das raízes (FSRAIZ) (A), caule (FSCAULE) (B), folhas (FSFOLHAS) (C), em função da salinidade de água para diferentes genótipos de citros estudados

Figure 2. Dry weight of root (FSRAIZ) (A), stem (FSCAULE) (B), leaf (FSFOLHAS) (C) of citrus genotypes as a function of water salinity

Tabela 2. Matriz de correlação entre as variáveis estudadas para genótipos de citros**Table 2.** Correlation matrix between variables in citrus genotypes

	ALT	DIAM	AF	AFE	TRA	FSRAIZ	FSCAULE	FSFOLHAS	FST	R/PA
TSKC x CTARG - 015										
NF	0,8110***	0,8859***	0,8241***	0,5035**	0,2276 ^{ns}	0,8047***	0,7441***	0,7686***	0,7984***	0,3760*
ALT	-	0,7482***	0,7616***	0,4863**	0,1618 ^{ns}	0,8381***	0,7435***	0,6922***	0,7786***	0,5168**
DIAM	-	-	0,7592***	0,5625**	0,1813 ^{ns}	0,7037***	0,7000***	0,6580***	0,7084***	0,3147 ^{ns}
AF	-	-	-	0,6040**	0,2182 ^{ns}	0,8603***	0,9344***	0,9328***	0,9420***	0,1916 ^{ns}
AFE	-	-	-	-	-0,048 ^{ns}	0,4074*	0,3761*	0,2798 ^{ns}	0,3606*	0,2829 ^{ns}
TRA	-	-	-	-	-	0,2017 ^{ns}	0,3065 ^{ns}	0,2994 ^{ns}	0,2807 ^{ns}	-0,113 ^{ns}
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,8964***	0,8533***	0,9428***	0,5926**
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,9561***	0,9837***	0,2001 ^{ns}
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9733***	0,1045 ^{ns}
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2939*
TSKC x CTARG - 081										
NF	0,9359***	0,8386***	0,6215***	0,3539*	0,1504 ^{ns}	0,5179**	0,5459**	0,5336**	0,5470**	0,2869 ^{ns}
ALT	-	0,7638***	0,7400***	0,3191 ^{ns}	0,1225 ^{ns}	0,5709**	0,6118**	0,5793**	0,6041**	0,5135**
DIAM	-	-	0,4946**	0,2098 ^{ns}	0,1924 ^{ns}	0,4942**	0,4890**	0,4636**	0,4944**	0,2098 ^{ns}
AF	-	-	-	0,5885**	-0,508**	0,8502***	0,8793***	0,8667***	0,8880***	0,5191**
AFE	-	-	-	-	0,1438 ^{ns}	0,1961 ^{ns}	0,2368 ^{ns}	0,1135 ^{ns}	0,1904 ^{ns}	0,1418*
TRA	-	-	-	-	-	0,5053**	0,4966**	0,5631**	0,5328**	0,3183 ^{ns}
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,9570***	0,9140***	0,9789***	0,8052***
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,9146***	0,9839***	0,6351***
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9644***	0,5454**
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6716**
LIMOEIRO CRAVO 'SANTA CRUZ'										
NF	0,7268***	0,4519*	0,5695**	0,0107**	-0,4489*	0,4331**	0,3853**	0,6400**	0,6331**	0,0107 ^{ns}
ALT	-	0,1046 ^{ns}	0,7386***	0,0948 ^{ns}	-0,2664 ^{ns}	0,3723*	0,6628***	0,7371***	0,6796***	0,2488 ^{ns}
DIAM	-	-	0,16448 ^{ns}	-0,0602 ^{ns}	-0,2465 ^{ns}	0,4975**	0,3435*	0,2645 ^{ns}	0,4101*	0,3017 ^{ns}
AF	-	-	-	0,5278**	-0,3322 ^{ns}	0,3202*	0,5256**	0,7449***	0,6262**	-0,1953 ^{ns}
AFE	-	-	-	-	-0,0993 ^{ns}	-0,1030 ^{ns}	-0,2428 ^{ns}	-0,1593 ^{ns}	-0,1816 ^{ns}	0,1465 ^{ns}
TRA	-	-	-	-	-	0,0886 ^{ns}	0,0326 ^{ns}	-0,2938 ^{ns}	-0,1015 ^{ns}	0,3319 ^{ns}
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,7903***	0,4776***	0,8244***	0,6698**
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,7965***	0,9563***	0,1334 ^{ns}
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8829***	-0,3000 ^{ns}
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1436 ^{ns}
TSKFL x CTC25 - 010										
NF	0,8892***	0,6671**	0,4048*	0,0461 ^{ns}	-0,0574 ^{ns}	0,3444*	0,5129**	0,5137**	0,5090**	0,0177 ^{ns}
ALT	-	0,4779**	0,4930**	0,2339 ^{ns}	0,1010 ^{ns}	0,2935 ^{ns}	0,4928**	0,4304*	0,4531*	-0,006 ^{ns}
DIAM	-	-	0,3981*	0,1870 ^{ns}	-0,1355 ^{ns}	0,2941*	0,3742*	0,3239*	0,3642*	0,0971 ^{ns}
AF	-	-	-	0,7027***	0,3942*	0,6250**	0,7586***	0,6475**	0,7434***	0,1960 ^{ns}
AFE	-	-	-	-	0,4255*	0,2651 ^{ns}	0,1517 ^{ns}	-0,0808 ^{ns}	0,1059 ^{ns}	0,3107 ^{ns}
TRA	-	-	-	-	-	0,3808*	0,3007 ^{ns}	0,0738 ^{ns}	0,2607 ^{ns}	0,3581*
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,7640***	0,5836**	0,8317***	0,7572***
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,8857***	0,9747***	0,1864 ^{ns}
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9224***	-0,0708 ^{ns}
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2705 ^{ns}
TSKFL x CTC13 - 005										
NF	0,8042***	0,6746***	0,5825**	0,1673 ^{ns}	-0,1467 ^{ns}	0,4661**	0,3568*	0,4497*	0,4880**	0,3958 ^{ns}
ALT	-	0,4981**	0,6664***	0,1935 ^{ns}	-0,0158 ^{ns}	0,4315*	0,4885**	0,5233**	0,5422**	0,2806 ^{ns}
DIAM	-	-	0,2023 ^{ns}	-0,1962 ^{ns}	0,0982 ^{ns}	0,6952***	0,5215**	0,3774*	0,6284***	0,6178***
AF	-	-	-	0,4689**	0,1634 ^{ns}	0,1568 ^{ns}	0,3153 ^{ns}	0,6258***	0,3875*	-0,0010 ^{ns}
AFE	-	-	-	-	-0,1770 ^{ns}	-0,3101 ^{ns}	-0,5685**	-0,3915 ^{ns}	-0,4710**	-0,0892 ^{ns}
TRA	-	-	-	-	-	0,2141 ^{ns}	0,4998**	0,3561**	0,3733*	-0,0634 ^{ns}
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,7044***	0,4462**	0,8564***	0,9125***
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,8352***	0,9500***	0,3694*
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8262***	0,0877 ^{ns}
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5813**
TANGERINA SUNKI TROPICAL										
NF	0,7219***	0,0557 ^{ns}	0,6287***	-0,4905**	0,2033 ^{ns}	0,6389***	0,5527**	0,6283***	0,6694***	-0,0879 ^{ns}
ALT	-	0,2380 ^{ns}	0,6044***	-0,5992**	0,3613*	0,7266***	0,7736***	0,6222***	0,7557***	-0,0961 ^{ns}
DIAM	-	-	-0,0534 ^{ns}	-0,0304 ^{ns}	-0,2443 ^{ns}	-0,0631 ^{ns}	0,1643 ^{ns}	0,0118 ^{ns}	0,0534 ^{ns}	-0,1406 ^{ns}
AF	-	-	-	-0,5936***	0,4149*	0,6788***	0,6171***	0,8819***	0,8499***	-0,3978*
AFE	-	-	-	-	-0,2609 ^{ns}	-0,6712**	-0,7740***	-0,8645***	-0,8922***	0,4116*
TRA	-	-	-	-	-	0,2854 ^{ns}	0,2486 ^{ns}	0,3936*	0,3674*	-0,1940 ^{ns}
FSRAIZ	-	-	-	-	-	-	0,8190***	0,6574***	0,8364***	0,2154 ^{ns}
FSCAULE	-	-	-	-	-	-	-	0,6781***	0,8818**	-0,1547 ^{ns}
FSFOLHAS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9382***	-0,5499 ^{ns}
FST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,3482*

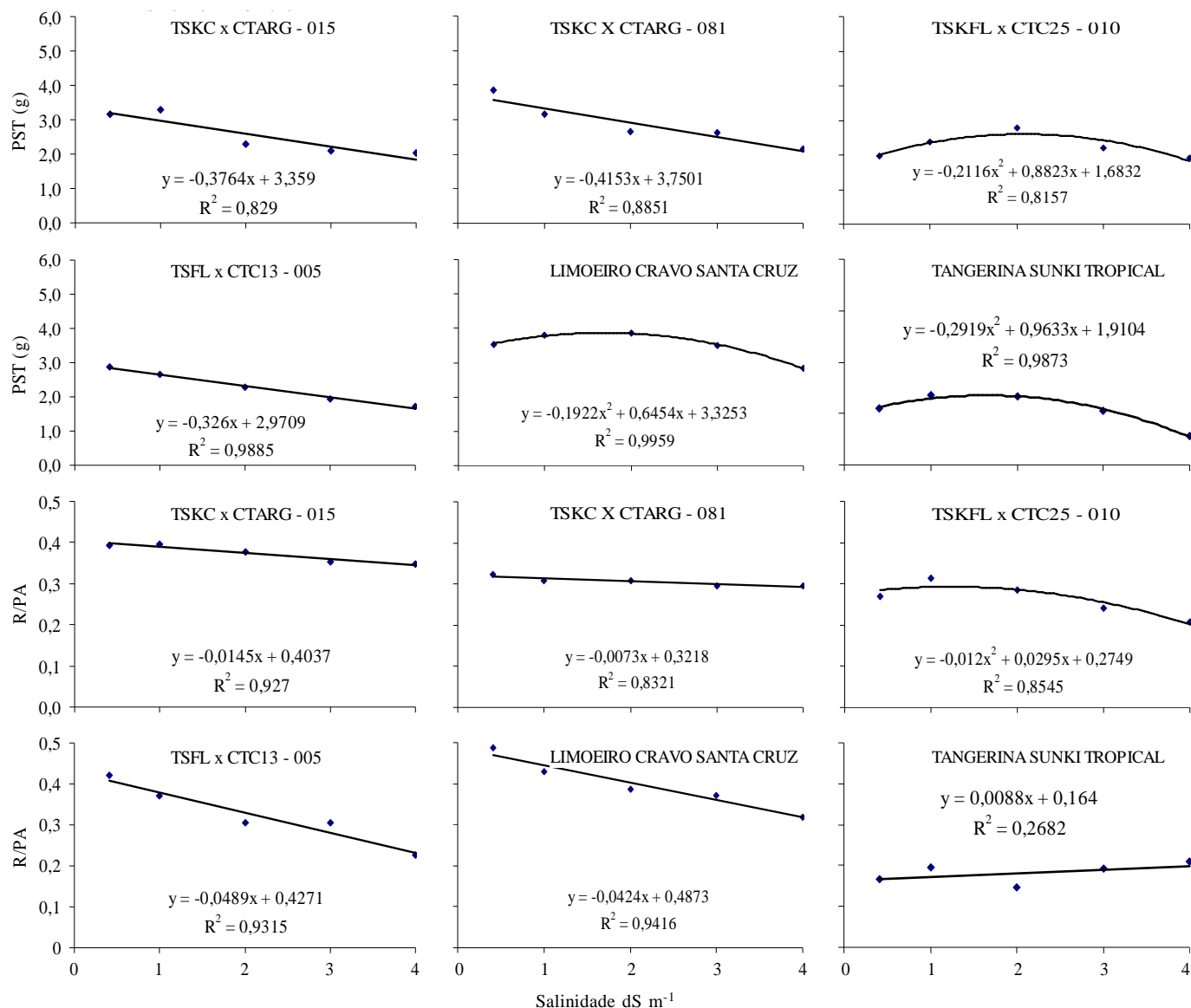


Figura 3. Fitomassa seca total (FST) (A) e relação raiz parte aérea (R/PA) (B) para genótipos de citros estudados em função da salinidade da água de irrigação.

Figure 3. Total dry material (FST) (A) and root/shoot relation (R/PA) (B) of citrus genotypes as a function of water salinity

de regressão e através do grau de correlação contido na Tabela 2 entre R/PA e FSRAIZ para os genótipos estudados, com exceção da tangerina Sunki, levando-se a crer no antagonismo promovido pelo excesso de sais no substrato. Contudo, o fato é amplamente discutido, haja vista que a salinidade ocasiona redução no potencial osmótico da água do solo forçando a planta a aumentar o fluxo de energia para crescimento do sistema radicular, ou seja, aumento da relação R/PA (Taiz & Zeiger, 2006) como ocorreu na variedade de tangerina, podendo-se levar, segundo Marschner (1995), a absorção de água e de elementos essenciais; isso é particularmente importante em solos com limitada capacidade de fornecimento de nutrientes, beneficiando o crescimento das plantas. Contudo, um crescimento radicular maior, sob condições de salinidade, também pode levar a uma maior absorção de íons Na⁺ e Cl⁻,

em níveis tóxicos, prejudicando o crescimento da planta (Lacerda, 2000), notadamente as raízes, assim como pode ter ocorrido neste trabalho.

Para área foliar (AF), verifica-se na Figura 4A comportamento linear decrescente para CTARG-015, CTARG-081 e CTC13-005, com redução de 20,00, 11,73 e 11,95cm², respectivamente, com aumento unitário da CEa. Em CTC25-010, CTC25, limoeiro Cravo e tangerina Sunki o comportamento foi quadrático, sendo a área foliar máxima obtida na CEa de 1,69, 2,07 e 1,27dS m⁻¹, havendo uma redução de 45,32, 39,42 e 125,41 cm² entre estes níveis e o nível S₅ (4 dS m⁻¹), respectivamente.

Complementando este estudo denota-se o alto grau de correlação, em todos os genótipos, entre a AF e as fitomassas (raiz, caule, folhas e total) nos genótipos estudados (Tabela 2) o que vem a ser um indicativo da importância desta

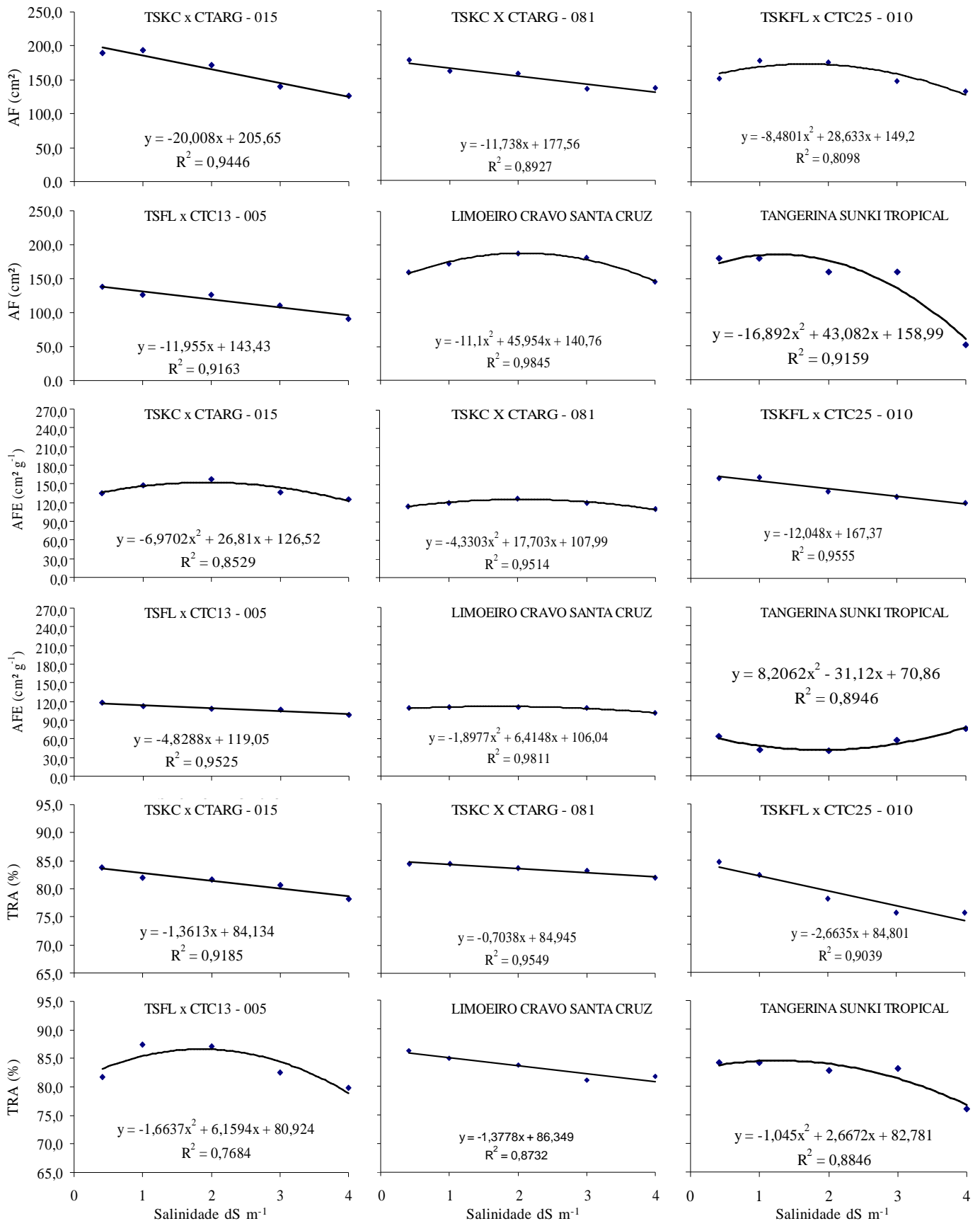


Figura 4. Área foliar (AF) (A), área foliar específica (AFE) (B) e teor relativo de água (TRA) (C) em função da salinidade da água para os diferentes genótipos de citros estudados

Figure 4. leaf area (AF) (A), specific leaf area (AFE) (B) relative water content (TRA) (C) in citrus genotypes as a function of water salinity

variável na transformação de compostos pobres em energia (CO_2 e H_2O) em compostos ricos em energia ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, O_2) (Taiz & Zeiger, 2004).

Para a área foliar específica (AFE), verifica-se comportamento quadrático (Figura 4B) em CTARG-015, CTARG-081 e limoeiro Cravo, com máximo em AFE nas salinidade 1,92, 2,04 e 1,69 dS m^{-1} , respectivamente. Ressalta-se que, até o nível de máximo em AFE, pode ter havido otimização no processo de transpiração e absorção de CO_2 ; havendo, a partir deste nível, espessamento do limbo foliar (redução da AFE), resultante de mecanismos de proteção das plantas à perda de água. Nos genótipos CTC25 e CTC13 o comportamento foi linear decrescente havendo redução de 7,42 e 4,12% com aumento unitário da CEa, respectivamente. Com relação à tangerina Sunki, o comportamento também foi quadrático, contudo, inverso ao observado nos outros genótipos (Figura 4B) observando-se, até 1,28 dS m^{-1} , espessamento do limbo foliar. O espessamento das folhas pode ser relacionado à redução na capacidade de crescimento, permitindo que os fotoassimilados disponíveis fossem direcionados à formação de fibras e novas paredes celulares (Taiz & Zeiger, 2006), ou seja, diminuindo a AFE.

No TRA o efeito foi linear decrescente (Figura 3C), com redução da ordem de 1,36, 0,70, 2,66 e 1,38% com o aumento unitário da CEa para CTARG-015, CTARG-081, CTC25-010 e no limoeiro Cravo, respectivamente. No CTC13 e na tangerina Sunki o comportamento foi quadrático com maior TRA na CEa de 1,85 e 1,28 dS m^{-1} , respectivamente.

O teor relativo de água (TRA) representa as condições hídricas das plantas em relação ao conteúdo máximo de água que as células comportariam em condições de plena turgescência; ressalta-se que o crescimento vegetal depende da turgescência dos tecidos meristemáticos, sendo maior o potencial para crescimento do genótipo quanto maior for o TRA (Larcher, 2000), destacando maiores teores em menores níveis de salinidade para a maioria dos genótipos estudados neste trabalho.

Denota-se, para a maioria dos genótipos, que o aumento da salinidade da água de irrigação pode ter ocasionado dificuldade na absorção de água devido a redução do potencial osmótico do substrato, diminuindo a transpiração e com isso a formação de novos tecidos (Taiz & Zeiger, 2004); este fato pode ser relacionado ao potencial hídrico das células e sua turgescência, afetando a formação de fitomassa nas plantas, notadamente no TSKC x CTARG - 081 (Tabela 2). Machado (1999) observou redução linear no TRA com a diminuição da umidade do substrato, resultado semelhante ao observado neste trabalho, pois o estresse hídrico é um dos componentes do estresse salino.

Verifica-se na análise de correlação para os diferentes genótipos disposta na Tabela 2 que, dentre as variáveis estudadas, a FST é a variável com maior grau de correlação com as outras variáveis sendo um indicativo do potencial de uso desta variável para estudos de estresse salino em plantas cítricas.

CONCLUSÕES

A salinidade causa redução linear no crescimento dos híbridos CTARG-015, CTARG-081 e CTC13-005.

O limoeiro Cravo tem maior tolerância ao estresse salino sendo indicado para a produção de porta enxertos de citros.

O sistema radicular é mais afetado que a parte aérea nos genótipos com exceção da tangerina Sunki Tropical.

O potencial hídrico das folhas é reduzido com aumento da salinidade.

A fitomassa seca total é a variável mais indicada para se avaliar efeitos do estresse salino nos porta-enxertos estudados.

LITERATURA CITADA

- Agrobyte. Formação de mudas de citros. <http://www.agrobyte.com.br/laranja.htm>, 2006. Acesso em 04 de Junho de 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. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado.
- 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/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/index.htm>, 2003.
- Cruz, J. L.; Pelacani, C. R.; Soares Filho, W. S.; Castro Neto, M. T.; Coelho, E. F.; Dias, A. T.; Paes, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. Revista Brasileira de Fruticultura, v.25, n.3, p.528-531, 2003.
- Epstein, E.; Bloom, A.J. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006, 403p.
- Fernandes, P. D. Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal. Campina Grande: UFPB - DEAg, 2002. 52 p.
- Ferreira, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional da Biometria, São Carlos. v.45, p.255-258, 2000.
- Flowers, T. J. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany, v.55, n.396, p.307-319, 2004.
- Flowers, T. J.; Flowers, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- García-Sánchez F, Syvertsen J.P. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and Carrizo citrange citrus rootstock seedling is affected by CO_2 enrichment during growth. Journal of the American Society for Horticultural Sciences, n.131, p.24-31, 2006.
- Lacerda, C.F. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 163p. Tese Doutorado

- Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- Machado, E. C.; Medina, C. L.; Gomes, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranja 'Valência'. *Bragantia*, v.58, n.2, p.217-226, 1999.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. Berna: International Potash Institute, 1995. 680p.
- Medeiros, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1992. 137p. Dissertação Mestrado
- Munns, R. Genes and salt tolerance: bring them together. *New Phytologist*, v.143, p.645-663, 2005.
- Murkute, A.A, Sharma, S, Singh, S.K. Citrus in terms of soil and water salinity: a review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, n.64, p.393-402, 2005.
- Peixoto, C.P.; Cerqueira, E.C.; Soares Filho, W.S.; Castro Neto, M.T. DE; Ledo, C.A. S.; Matos, F.S.A.; Oliveira, J.G. de. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, n.3, p.439-443, 2006.
- Rhoades, J. D.; Loveday, J. Salinity in irrigated agriculture. *In: STEWART, D. R.; Nielsen, D. R. (ed.) Irrigation of agricultural crops*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. (Agronomy, 30).
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- Schmitz, J. A. K. Cultivo de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. em recipientes: influência de substratos e de fungos micorrízicos arbusculares. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 144p. Dissertação de Mestrado.
- Singh, A.; Saini, M. L.; Behl, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. *Tropics*, v.13, n.1, 2003.
- Storey, R.; Walker, R.R. Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae*, v.78, p.39-81, 1999.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 719p.
- Tester, M., Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, n.5, p.503-527, 2003.