



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS
AO ESTRESSE SALINO

MARCOS ERIC BARBOSA BRITO

Campina Grande
Paraíba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
DOUTORADO

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS
AO ESTRESSE SALINO

TESE

MARCOS ERIC BARBOSA BRITO

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Maio – 2010

MARCOS ERIC BARBOSA BRITO
Engenheiro Agrônomo

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS AO ESTRESSE SALINO

Orientador: Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**
Orientador: Prof. Dr. **HANS RAJ GHEYI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
Maio – 2010



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

B862t Brito, Marcos Eric Barbosa.

Tolerância de genótipos de citros ao estresse salino / Marcos Eric Barbosa Brito . – Campina Grande, 2010.
158 f.: il. col.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Prof. Dr. Hans Raj Gheyi.

1. *Citrus spp.* 2. Crescimento. 3. copa/Portaenxertos. 4. Fisiologia Vegetal. I. Título.

CDU – 634.31(043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

MARCOS ERIC BARBOSA BRITO

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS AO ESTRESSE SALINO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Pedro Dantas Fernandes:
Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

Aprovado com distinção

Hans Raj Gheji
Dr. Hans Raj Gheji – Examinador

Aprovado com Distinção

Alberto Soares de Melo
Dr. Alberto Soares de Melo – Examinador

Aprovado com Distinção

Walter dos Santos Soares Filho
Dr. Walter dos Santos Soares Filho – Examinador

Aprovado com distinção

Lourival Ferreira Cavalcante
Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – Examinador

Aprovado com Distinção

José Dantas Neto
Dr. José Dantas Neto – Examinador

APROVADO COM DISTINÇÃO

MAIO - 2010

Em memória das minhas avós 'Marinalva Melo (Vó Nava) e Josefa Tavares (Vó Zezita)', exemplos de dedicação, perseverança, amor, amizade, paz e motivação nos estudos dos seus filhos, netos e bisnetos.

MINHA HOMENAGEM

À minha esposa 'Sandra', pelo amor e carinho, sempre companheira e motivadora dos meus atos, dando força para superar os momentos difíceis transcorridos neste trabalho e no cotidiano. Aos meus Pais 'Marcos' e 'Lucia', pelo carinho e amor, sempre atenciosos e preocupados com os estudos dos filhos, fato que permitiu estar podendo concretizar este trabalho.

DEDICO

Aos meus irmãos 'Eloy' e 'Marcelly', pela amizade, companheirismo e amor, permitindo momentos de descontração e alegrias, sem deixar de falar de meus sobrinhos Ketylli, Eloyse e Arthur, aos quais desejo muita paz, saúde e iluminação para sucesso nos estudos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, O Grande Arquiteto do Universo, me encaminhando para boas amizades e conquistas nesta vida;

Aos meus pais, meus irmãos e todos os meus familiares que me apoiaram na realização deste sonho;

À minha esposa 'Sandra', pela compreensão e estímulo;

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela oportunidade concedida à realização deste curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao orientador Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, meu amigo pessoal, pela grande contribuição acadêmica, além da consideração e respeito; fazendo com que me tornasse uma pessoa melhor;

Ao orientador Dr. Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos, incentivos e amizade, garantindo uma grande contribuição na minha formação acadêmica;

Ao Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical, notadamente a pessoa do Dr. Walter dos Santos Soares Filho, o qual foi peça fundamental na realização deste trabalho, garantindo sementes, apoio técnico, financeiro e logístico em todo o processo;

À Coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (UFCG), pelos ensinamentos técnico-científicos repassados;

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), devido ao auxílio dispensado, amizade e momentos de descontração;

Aos Jovens Cientistas Kalyne, Diego Azevedo, José Alberto, Luanna, Ariadne, Julia, Lauriane, Tamires, Edna, Eliamara, Jônata e Casio. Hoje estudantes de graduação e amanhã Engenheiros de sucesso; sem vocês não seria possível realizar este trabalho;

Aos amigos Gilberto da Cruz, Janivan Suassuna, Reginaldo Nobre e Alberto Melo, pessoas que garantiram o sucesso do trabalho, trocando experiências e auxiliando nas etapas do processo;

Aos amigos Tatiana Santos, Karina Guedes, Frederico Soares, Allan Nunes, Radines, Robi Tabolka, Elka, Leandro, Evami, Sebastião, Ana Cristina e Kelliane, pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho;

Aos colegas do curso, pelo bom convívio e união na batalha por uma educação de qualidade;

Aos amigos e colegas do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, da UFCG, situado no campus Pombal, pelo incentivo na continuidade dos trabalhos, garantindo um relacionamento salutar e progressivo;

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a execução deste trabalho.

Índice

ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE QUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xx
1. INTRODUÇÃO	1
2. ETAPAS DA PESQUISA	4
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo geral	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4.1 Citricultura	6
4.2. Água na agricultura	10
4.3. Tolerância das plantas à salinidade	11
4.4. Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade	12
4.4.1. Mecanismos morfológicos	13
4.4.2. Mecanismos fisiológicos	14
4.5. Salinidade em plantas cítricas	15
5. MATERIAL E MÉTODOS	18
Etapa I: Experimento com estresse salino na formação de mudas	18
5.1.1. Localização	18
5.1.2. Tratamentos e delineamento estatístico	18
5.1.3. Crescimento das mudas	21
5.1.4. Preparação das águas de irrigação	23
5.1.5. Variáveis analisadas	23
5.1.5.1. Variáveis de crescimento	23
5.1.5.2. Seleção das combinações copa/porta-enxerto	25
Etapa II: Experimento com estresse salino em campo	26
5.2.1. Localização	26
5.2.2. Tratamentos e delineamento estatístico	27
5.2.3. Crescimento das plantas	28
5.2.4. Variáveis analisadas	30
5.2.4.1. Variáveis de crescimento	30
5.2.4.2. Comportamento fisiológico	31
5.2.4.3. Análise de crescimento e comportamento fisiológico com chuvas	31
5.3 Análise estatística	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
Etapa I: Experimento com estresse salino na formação de mudas	33
6.1.1. Crescimento dos porta-enxertos	33
6.1.1.1 Crescimento em número de folhas	34
6.1.1.2 Crescimento em altura de planta	40
6.1.1.3 Crescimento em diâmetro de caule no colo da planta	46
6.1.2 Fitomassa da parte aérea dos porta-enxertos	51
6.1.3. Crescimento das combinações copa/porta-enxerto	56
6.1.3.1 Crescimento em diâmetro	56
6.1.3.2 Crescimento em comprimento de copa	72

6.1.3.3 Crescimento em número de folhas da copa	78
6.1.4. Fitomassa e relação Raiz/Parte aérea das combinações copa/porta-enxerto	84
6.1.5. Seleção das combinações copa/porta-enxerto	106
ETAPA II Experimento Com Estresse Salino em Campo	113
6.2.1. Crescimento em diâmetro	113
6.2.2. Crescimento em número de folhas	118
6.2.3. Comportamento fisiológico	121
6.2.4. Análise de Crescimento e Comportamento Fisiológico Com Períodos de Chuvas	129
7. CONCLUSÕES	142
8. RECOMENDAÇÕES.....	143
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
APÊNDICE	154

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Características químicas do solo da fazenda Tabuleiro, coletado na área de implantação da cultura do citros. Campina Grande, PB, 2010.....	28
Tabela 2: Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), altura de planta (ALT) e diâmetro de caule (DIAM) aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após semeadura (DAS) dos genótipos (GEN) de citros cultivados sob salinidade da água (SAL). Campina Grande, PB, 2010.	33
Tabela 3: Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) de porta-enxertos (PE) sob níveis de salinidade da água (SAL). Campina Grande, PB, 2010. ...	51
Tabela 4: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro de porta-enxerto, diâmetro na enxertia e diâmetro de copa, para porta-enxertos (PE) e variedades copa (Copa) sob água salina (SAL) aos 60 e 90 dias após enxertia (DAE). Campina Grande, PB, 2010	56
Tabela 5: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre as copas ('Tahiti' e 'Star Ruby'), para o diâmetro de caule da copa em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 90 dias após enxertia. Campina Grande, 2010.....	67
Tabela 6: Resumo da análise de variância para a variável comprimento de copa em função da salinidade da água (Sal), porta-enxertos (PE), Copa e as interações. Campina Grande, PB, 2010.	72
Tabela 7: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedade copa (Tahiti e Star Ruby), para a altura de copa em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 90 dias após enxertia (DAE). Campina Grande, 2010.....	73
Tabela 8: Resumo da análise de variância para a variável número de folhas da copa em função da salinidade da água (Sal), porta-enxerto (PE), variedade Copa e interações aos 330 DAS. Campina Grande, PB, 2010	78
Tabela 9: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedade copa (Tahiti e Star Ruby), para o número de folhas da copa em cada nível de salinidade (S1 a S5). Campina Grande, PB, 2010.	79
Tabela 10: Resumo da análise de variância para as variáveis: Fitomassa das raízes (FSRaiz) (g), fitomassa do caule dos porta-enxerto (FSPE) (g), fitomassa do caule na área da enxertia (FSEnx) (g), fitomassa do caule da copa (FSCopa) (g) e relação Raiz/Parte aérea (Raiz/PA) (g/g) em função da salinidade (Sal), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Campina Grande, PB, 2010.....	84

Tabela 11: Teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para fitomassa da raiz (FSRaiz) em cada nível de salinidade estudado aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.	86
Tabela 12: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) para variável fitomassa do porta-enxerto (FSPE) estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) e das copas (Tahiti e Star Ruby); teste de Tukey ($p < 0,05$) entre copas estudado em cada porta-enxerto. Campina Grande, 2010.....	91
Tabela 13: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) para variável fitomassa da enxertia (FSEnx) estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) e das copas (Tahiti e Star Ruby); teste de Tukey ($p < 0,05$) entre copas estudado em cada porta-enxerto. Campina Grande, PB, 2010.....	94
Tabela 14: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para fitomassa da copa (FSCopa) dentro de cada nível de salinidade estudada (S1 a S5) aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.....	97
Tabela 15: Teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) para relação raiz/parte aérea, estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) com a média das variedades copa aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.	104
Tabela 16: Resumo da análise de variância para a percentagem de sobrevivência (% sobrevivência) em função da salinidade da água (Sal), porta-enxertos (PE), variedades copa (copa) de citros e as interações. Campina Grande, PB, 2010.	106
Tabela 17: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.	108
Tabela 18: Resumo da análise de variância para as variáveis: diâmetro do caule do porta-enxerto (DiamPE) (mm), diâmetro do caule no ponto de enxertia (DiamEnx) (mm) e diâmetro do caule da copa (DiamCopa) (mm) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 60 e 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.	113
Tabela 19: Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$), taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule no ponto de enxertia (TCRDEx) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule da copa (TCRDCopa) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 60 e 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.	114

Tabela 20: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para a Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro de Copa (TCRDCopa) no período de 60 a 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	117
Tabela 21: Resumo da análise de variância para as variáveis Número de folhas aos 60 e 90 dias após transplante (DAT) e Taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) do período em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.	118
Tabela 22: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para variável número de folhas (NF) aos 90 dias após o transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	119
Tabela 23: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) no período de 60 a 90 dias após transplante (DAT), estudando-se a interação entre porta-enxerto (PE) com os manejos de água salina (manejo) e a interação entre os PE e as Copas ('Star Ruby' e 'Tahiti'). Pombal, PB, 2010.	120
Tabela 24: Resumo da análise de variância para as variáveis concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (E_iC) (A/C_i) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.	122
Tabela 25: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para na condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010.	123
Tabela 26: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	124
Tabela 27: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 90 DAT, em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010.	126
Tabela 28: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	127
Tabela 29: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para eficiência instantânea da carboxilação (E_iC) (A/C_i) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	128

Tabela 30: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto (DiamPE) (mm), diâmetro do caule no ponto de enxertia (DiamEnx) (mm) e diâmetro do caule da copa (DiamCopa) (mm) aos 210 dias após transplante (DAT) e as taxas de crescimento relativo de diâmetro de caule do portaenxerto (TCRDPE) [mm/(mm*dia)], diâmetro n ponto de enxertia (TCRDEnx) [mm/(mm*dia)] e diâmetro de caule da copa (TCRDCopa) [mm/(mm*dia)] estudada entre os 90 e 210 DAT, todos em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.	129
Tabela 31: Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF) aos 210 dias após o transplante (DAT) e taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRDNF) [mm/(mm*dia)] estudada entre os 90 e 210 DAT, todos em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.	134
Tabela 32: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para o número de folhas aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.....	135
Tabela 33: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para a taxa de crescimento relativo em número de folhas [folhas/(folhas*dia)] aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	135
Tabela 34: Resumo da análise de variância para as variáveis concentração interna de CO ₂ (Ci) (μmol mol ⁻¹), condutância estomática (gs) (mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), transpiração (E) (mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), taxa de assimilação de CO ₂ (A) (μmol m ⁻² s ⁻¹), eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m ⁻² s ⁻¹) (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) ⁻¹] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 210 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.	136
Tabela 35: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para a taxa concentração interna de CO ₂ (μmol mol ⁻¹) aos 210 DAT, em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010	137
Tabela 36: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para a taxa de assimilação de CO ₂ (Fotossíntese) (A) (μmol m ⁻² s ⁻¹) aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	140
Tabela 37: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para Eficiência intrínseca da Carboxilação (EiC) (A/Ci) (μmol m ⁻² s ⁻¹) aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.	141

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Maturação e possíveis porta-enxertos para combinação com algumas variedades copa, recomendadas por Azevedo (2003).....	8
Quadro 2: Genótipos de citros tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade de citros propostos para compor experimento. Campina Grande, PB, 2010	19
Quadro 3: Relação de combinações copa/porta-enxerto selecionadas para a fase de campo devido a maiores percentuais de sobrevivência. Pombal, PB, 2010.	27
Quadro 4: Esquema de composição dos tratamentos para cada combinação copa/porta-enxerto selecionada na fase de formação de muda. Pombal, PB, 2010.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista geral do experimento em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), no campus de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2010.....	18
Figura 2: Folhas dos genótipos porta-enxerto estudados. Campina Grande, PB, 2010.	20
Figura 3: (A) Detalhe da borbulhia; (B) variedades copa enxertadas: 1-Pomelo ‘Star Ruby’, e 2-Limeira Ácida Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.....	21
Figura 4: Recipientes para o crescimento das mudas nas fases do processo de formação de mudas. (A) Tubete de 288 mL; (B) Sacola plástica com capacidade de 3,4L. Campina Grande, PB, 2010.	21
Figura 5: Detalhe da semeadura (duas sementes por tubete) (A) e do substrato comercial composto por vermiculita, casca de pinus e humos na proporção 1:1:1, respectivamente (B). Campina Grande, PB, 2010.....	22
Figura 6: Determinação do diâmetro de caule (A) e da altura de planta (B) nas plantas de citros sob estresse salino. Campina Grande, PB, 2010.....	24
Figura 7: Ilustração de cortes para avaliação de fitomassa dos copa/porta-enxertos. Campina Grande, PB, 2010.	25
Figura 8: Área experimental da Fazenda Tabuleiro, onde está implantada a terceira etapa dos estudos de plantas enxertadas. Pombal, PB, 2010.....	26
Figura 9: Ilustração do sistema de irrigação por gotejamento nas plantas de citros. Campina Grande, PB, 2010.	29
Figura 10: Precipitação no período de condução do experimento no município de Pombal, PB, com dados fornecidos pela Agência Nacional de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs). Pombal, PB, 2010.....	30
Figura 11: Uso do equipamento portátil de medição da fotossíntese LCPro+: (A) Visão geral do equipamento; (B) Pinça para acoplar a folha e obtenção de gases; (C) detalhe do painel do equipamento. Pombal, PB, 2010.....	31
Figura 12: Teste de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para o número de folhas aos 180 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, 2010	34
Figura 13: Crescimento médio em número de folhas dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, PB, 2010.....	36
Figura 14: Taxa de crescimento relativo em numero de folhas (TCR em NF) (folhas/(folhas*dia) do período entre 60 e 180 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.	37

Figura 15: Número de folhas (NF) aos 180 DAS (A) e Taxa de Crescimento Relativo em número de folhas (TCR em NF) (B) das médias dos porta-enxertos em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2010.....	37
Figura 16: Sintomas do estresse salino em folhas dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.....	38
Figura 17: Teste de agrupamento de médias (Scott-Knoot, $p < 0,05$) para altura de planta aos 240 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010	40
Figura 18: Crescimento médio em altura de planta dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, PB, 2010	41
Figura 19: Taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCR ALT) (cm/(cm*dia) do período entre 60 e 240 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010	42
Figura 20: Altura de planta (cm) aos 240 dias após semeadura (DAS) e taxa de crescimento relativo em Altura para o período de 60 a 240 DAS, estudado com as médias dos porta-enxertos em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande, 2010.	43
Figura 21: Imagens de genótipos de citros sob diferentes níveis de salinidade da água (dS m^{-1}), aos 90 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2010	45
Figura 22: Teste de médias (Scott-Knoot, $p < 0,05$) para o diâmetro de caule aos 240 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis e salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010	46
Figura 23: Crescimento médio em diâmetro de caule dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, 2010.....	47
Figura 24: Taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule (TCR em diam) (mm/(mm*dia) do período entre 60 e 240 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010	48
Figura 25: Diâmetro de caule (mm) aos 240 DAS (A), e Taxa da crescimento relativo em diâmetro (TCR em Diâmetro) [mm/(mm*dia)] (B), das médias dos porta-enxertos estudados sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.....	49
Figura 26: Presença de queima nas bordas de folhas de limoeiro Cravo (<i>Citrus limonia</i> Osbeck), possivelmente, em virtude do aumento da CE (dS m^{-1}) da água. Campina Grande, PB, 2010.	50
Figura 27: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para a fitomassa da parte aérea (FSPA)(g) em função dos genótipos porta-enxertos (G), estudados em cada nível de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.....	52
Figura 28: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa da parte aérea (FSPA) (g) aos 240 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros. Campina Grande, 2010	54

Figura 29: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para diâmetro de porta-enxertos em função dos genótipos porta-enxertos (G), estudado em cada nível de salinidade da água aos 90 dias após a enxertia (330 DAS). Campina Grande, 2010.....	58
Figura 30: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no diâmetro de porta-enxerto (PE) (mm) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado. Campina Grande, PB, 2010.....	59
Figura 31: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para diâmetro de porta-enxertos em função dos genótipos porta-enxertos (G), em cada nível de salinidade da água aos 90 dias após enxertia. Campina Grande, 2010.....	62
Figura 32: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no diâmetro na enxertia (mm) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado aos 330 DAS. Campina Grande, PB, 2010.	63
Figura 33: Efeito da salinidade da água no diâmetro na enxertia em cada variedade copa de citros estudado aos 330 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2010.....	65
Figura 34: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no Diâmetro de copa (mm) aos 330 dias após semeadura, em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.....	69
Figura 35: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no diâmetro de copa (mm) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de pomeleiro ‘Star Ruby’ aos 330 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2010.....	70
Figura 36: Imagens das combinações copa/porta-enxertos tratados com águas salinas 60 dias após a enxertia. Campina Grande, 2010.....	71
Figura 37: Efeito da salinidade da água (Salinidade, dS m^{-1}) na altura de copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.....	76
Figura 38: Efeito da salinidade da água (Salinidade, dS m^{-1}) na altura de copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Pomelo ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010.....	77
Figura 39: Estado de plantas dos porta-enxertos TSKFL x CTC13 – 025 {tangerineira Sunki [<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka] da Flórida x Citrange [<i>C. sinensis</i> x <i>P. trifoliata</i> (L.) Raf.] C13 – 025} sob copa de ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’ submetidas à salinidade da água de 3,2 e 4,0 dS m^{-1} . Campina Grande, PB, 2010.....	80
Figura 40: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no número de folhas da copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.....	82
Figura 41: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no numero de folhas da copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água sob copa de Pomelo ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010...	83

Figura 42: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa das raízes (FSRaiz) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.	89
Figura 44: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa de porta-enxerto (FSPE) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado considerando a média das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.	93
Figura 45: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa na enxertia (FSEnx) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado considerando a média das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.	96
Figura 46: Comparação entre algumas combinações copa/porta-enxerto sob S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e S5 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) aos 330 dias após semeadura; (A) G1-limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (<i>Citrus limonea</i> Osbeck) enxertado com limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka], (B) G5-Híbrido trifoliado (HTR) – 069 sob pomeleiro ‘Star Ruby’ (<i>Citrus paradisi</i> Macfad) e (C) G4- TSKFL {tangerineira Sunki [<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção ‘da Flórida’} x CTC13 {Citrange [<i>C. sinensis</i> x <i>P. trifoliata</i> (L.) Raf.] C13} – 025 sob o ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010.	99
Figura 47: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa da copa (FSCopa) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de Tahiti. Campina Grande, 2010.	101
Figura 48: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa da copa (FSCopa) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de pomeleiro ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010.	102
Figura 49: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na relação raiz/parte aérea (g g^{-1}) aos 330 dias após semeadura DAS em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água com a médias das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.	105
Figura 50: Visão de parcelas experimentais do porta-enxerto G3 (TSKFL x CTC25 -010) sob copa de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] ou pomeleiro ‘Star Ruby’ (<i>Citrus paradisi</i> Macfad). Campina Grande, PB, 2010.	109
Figura 51: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) (%) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de ‘Tahiti’. Campina Grande, PB, 2010.	110
Figura 52: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010.	111

- Figura 53: Diâmetro de caule do porta-enxerto (Diâmetro de PE) (mm) aos 60 e 90 DAT estudado em cada manejo de água salina com a média das combinações copa/porta-enxerto; taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule do porta-enxerto (TCRDPE) $[\text{mm} \cdot (\text{mm} \cdot \text{dia})^{-1}]$ do período em função dos manejos de água salina e dos portaenxertos de citros estudados com a média das copas. Pombal, PB, 2010. 115
- Figura 54: Diâmetro na Enxertia (mm) aos 60 e 90 dias após tranaplante (DAT) estudado em cada manejo de água salina, com a média das combinações copa/porta-enxerto. Pombal, PB, 2010. 116
- Figura 55: Diâmetro da copa (mm) aos 60 e 90 DAT estudado em cada manejo de água salina, com a média das combinações copa/porta-enxertos (A) e taxa de crescimento relativo do diâmetro de copa (TCRD Copa) $[\text{mm}/(\text{mm} \cdot \text{dia})]$ em função das copas com a média dos manejos de água salina e dos porta-enxertos (B). Pombal, PB, 2010. 117
- Figura 56: Imagens das parcelas com cada tratamento. Pombal, PB, 2010. 120
- Figura 57: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro do caule do porta-enxerto (Diametro do PE) (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das copas ('Tahiti' e 'Star Ruby') (B); e para o taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) $[\text{mm}/(\text{mm} \cdot \text{dia})]$ em função dos manejos de água salina estudada em cada porta-enxerto com a média das copas (C) e em função das variedades copa (limeira ácida 'Tahiti' e pomeleiro 'Star Ruby') estudada com média das copas e manejos de água salina (D). Pombal, PB, 2010. 130
- Figura 58: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro de caule no ponto de enxertia (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das copas ('Tahiti' e 'Star Ruby') (B); e a taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule no ponto de enxertia (TCRDEx) $[\text{mm}/(\text{mm} \cdot \text{dia})]$ em função dos manejos de água salina estudada em cada porta-enxerto (C) e em função das variedades copa (D). Pombal, PB, 2010. 132
- Figura 59: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro de caule da copa (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e dos porta-enxertos (B); e a taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule da copa (TCRDEx) $[\text{mm}/(\text{mm} \cdot \text{dia})]$ em função das variedades copa estudada (C). Pombal, PB, 2010. 133
- Figura 60: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para a condutância estomática (Condutância) (gs) (mol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) estudado aos 210 DAT em função dos manejos de água salina (A) e das variedades copa (B). Pombal, 2010. 138
- Figura 61: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das variedades copa (B). Pombal, PB, 2010. 139
- Figura 62: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para Eficiência no Uso da Água (EUA) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \cdot (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$ aos 210 dias após transplante (DAT) estudado para cada variedade copa estudado em cada porta-enxerto. Pombal, PB, 2010. 140

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CITROS AO ESTRESSE SALINO

RESUMO - Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a tolerância à salinidade de genótipos de citros (variedades e híbridos), na fase de formação de mudas em casa de vegetação e no crescimento inicial das plantas em condições de campo. Dois experimentos foram realizados, um em casa de vegetação da UFCG, Campus de Campina Grande, e outro em uma área da fazenda Tabuleiro, localizada no município de Pombal, PB. No experimento em casa de vegetação três fatores foram estudados: cinco níveis de salinidade da água de irrigação, em doze porta-enxertos de citros, enxertados com duas variedades enxertos – limeira Ácida ‘Tahiti [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] seleção CNPMF 2001’ e pomeleiro (*C. Paridisi*) ‘Star Ruby’. O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições, compondo-se a unidade experimental de nove plantas. Os porta-enxertos foram formados em tubetes de polietileno (capacidade de 288 mL), com seu posterior transplante (aos 150 dias após semeadura) para sacolas plásticas (3.400 mL de capacidade) com dimensões de 12 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Após enxertia, avaliou-se o crescimento das plantas e, após crescimento do enxerto, foram selecionadas as seis combinações copa/porta-enxerto mais promissoras, usando-se como critério o percentual de sobrevivência quando aumentou a salinidade. No experimento em campo, as seis combinações copa/porta-enxerto selecionadas, foram cultivadas sob três manejos de água salina: (1) Testemunha - plantas irrigadas com água com condutividade elétrica (CE_a) de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ na fase de produção de mudas, continuando nessa mesma condição, em campo; (2) - plantas submetidas à CE_a de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ na fase de produção de mudas, em campo passaram a receber água com CE de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$; (3) - plantas submetidas à CE_a de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ na produção de mudas e em campo. Avaliaram-se variáveis de crescimento e fisiológicas das plantas em condições de campo foram avaliadas, aos 60, 90 e 210 dias após transplante. As variáveis estudadas foram submetidas a teste F, comparando-se médias por teste de Tukey, ou Scott-Knott. Notou-se maior crescimento na fase de formação de porta-enxertos dos genótipos G3 (TSKC x CTC25 – 010) e G4 (TSKFL x CTC13 – 025), seguidos do G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G5 (híbrido trifoliado – 069) e o G12 (*C. Volkamerina* V. Tem. & Pasq), sendo eles, também, menos afetados pelo aumento da salinidade; após enxertia, foram baixos os índices de sobrevivência, com aumento da salinidade, em combinações dos porta-enxertos G3 e G4 com o pomeleiro ou com a limeira ácida ‘Tahiti’; as melhores combinações foram entre G1, G5 e G12 com ambas

as variedades copa. Os porta-enxertos G11 (TSKC x CTSW – 064), G16 (TSKC x CTARG – 015) e G17 (TSKC x CTTR – 013) não tiveram bons índices de sobrevivência, mas sem agravamento com aumento da salinidade, significando serem porta-enxertos passíveis de utilização em programas de melhoramento genético. Em campo, maior crescimento e melhor comportamento fisiológico foram registrados em limoeiro ‘Cravo’, enxertado com ‘Star Ruby’ ou ‘Tahiti’, quando irrigado com água salina.

Palavras-chave: *Citrus spp*, crescimento, portaenxertos/copa, fisiologia vegetal

CITROS GENOTYPE TOLERANCE UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT – This work was carried out aiming to evaluate the salt tolerance of citrus genotypes (varieties and hybrids) in the formation stage of seedlings under greenhouse conditions and in the initial growing under field conditions. Two experiments were conducted: one in a greenhouse located in the UFCG, Campina Grande Campus; and another in an experimental area of ‘Tabuleiro’ Farm located in the municipality of Pombal, State of Paraíba. In the greenhouse experiment, three factors were investigated: five levels of salinity of the irrigation water and twelve genotypes of citrus rootstocks grafted with two varieties – acid lime tree ‘Tahiti [*Citrus latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] ‘CNPMF 2001’ selection, and grapefruit (*C. Parididi*) ‘Star Ruby’. The statistical design was in randomized blocks with three replications and the experimental unit consisted of nine plants. The rootstocks were formed using polyethylene tubes (288 mL capacity), with their subsequent transplanting (150 days after sowing) to plastic bags (3400 mL capacity) with 12 cm diameter and 30 cm height. After grafting, the plant growth was evaluated and, after growth of grafts, the most promising six combinations (scion/rootstock) were selected, using as criteria the percentage of survival of the plants with increasing salinity. In the field experiment, the six selected combinations of scion/rootstocks were investigated under three different managements of water salinity: (1) Control management – plants were exposed to water with electrical conductivity (EC_w) of 0.8 dS m⁻¹ during the seedlings formation and in the field; (2) - plants irrigated with water with EC_w of 0.8 dS m⁻¹, during the seedlings formation, began to receive water with EC_w of 2.4 dS m⁻¹, at field conditions; (3) - plants were subjected to irrigated with water with EC_w of 2.4 dS m⁻¹, in the seedlings formation and in the field. Variables of growth and physiological parameters were evaluated under field conditions, at 60, 90 and 210 days after plant transplantation. The studied variables were subjected to the ‘F’ test comparing averages by Tukey’s test or Scott-Knott. It was observed a greater growth in the formation stage of genotypes rootstocks G3 (TSKC x CTC25 – 010) and G4 (TSKFL x CTC13 – 025), followed by G1 (lime tree “Rangpur Santa Cruz”), G5 (Hybrid Trifoliolate – 069) and G12 (lime tree ‘Volkameriano’), and they, also, were less affected by increasing salinity. After grafting, especially with increasing salinity, the rates of survival involving combinations of rootstocks with G3 and G4 with the grapefruit or the lime tree ‘Tahiti’ were low; the best combinations were observed in G1, G5 and G12 with both treetop varieties,

'Tahiti' and 'Star Ruby'. Under field experiment, higher growth rates and better physiological behavior were observed in lime tree 'Rangpur' grafted with 'Star Ruby' or 'Tahiti' when irrigated with saline water.

Key-words: Citrus spp, growth, scion/rootstock, plant physiology.

1. INTRODUÇÃO

Altas concentrações de sais no solo contituem um dos fatores que mais concorrem para a redução do crescimento e da produtividade das culturas, mais notável em regiões áridas e semiáridas devido à deficiência hídrica e às condições de alta evaporação, durante a maior parte do ano (Ayers e Westcot, 1999; Tester e Davenport, 2003).

Para Richards (1954), os sais podem afetar o desenvolvimento das plantas em virtude de sua concentração na solução do solo, diminuindo o potencial osmótico e reduzindo a disponibilidade de água para os vegetais; pode ocorrer, também, o efeito tóxico de íons específicos, como sódio, cloreto e boro, dentre outros que causam sintomas característicos de injúria, associados à acumulação excessiva do íon específico na planta (Flowers, 2004; Flowers e Flowers, 2005). Epstein e Bloom (2006) também contemplam as duas formas de efeito dos sais sobre os cultivos abordados por Richards (1954) e o complementam com um terceiro, que seria o efeito específico de natureza nutricional, afirmando ter influência mais marcante que o efeito osmótico. Rhoades e Loveday (1990) e Ayers e Westcot (1999) contribuem acrescentando possíveis efeitos indiretos causados por alterações físicas e químicas no solo. Tester e Davenport (2003) fazem uma revisão sobre o assunto, com destaque para o elemento sódio e seus efeitos sobre o solo e as plantas.

Todavia, nota-se que algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis mesmo em altos níveis de salinidade no solo, fato relacionado à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas espécies possuem, o que as permite absorver, mesmo em condições salinas, quantidade suficiente de água (Ayers e Westcot, 1999). Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de genótipos mais tolerantes quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (Tester e Davenport, 2003).

A tolerância à salinidade é, portanto, variável entre espécies e dentro de uma mesma espécie, entre fases de desenvolvimento. Em geral, tem sido identificada como fenômeno específico a um estágio de desenvolvimento, podendo um genótipo ser mais tolerante em uma fase e mais sensível em outra (Foolad et al., 1998; Orcutt e Nilsen, 2000). Em cada estágio de desenvolvimento da planta a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (Mano e Takeda, 1995; Flowers, 2004; Flowers e Flowers, 2005; Munns, 2005).

Na fruticultura irrigada torna-se necessário atentar para a prevenção da salinização, particularmente quando a fonte hídrica tem altas concentrações de sais, ressaltando-se que tais culturas são consideradas sensíveis e, com o Brasil ocupando o terceiro lugar na produção mundial de frutas (Agrianual 2010), é fundamental a geração de conhecimentos que viabilizem a utilização de águas salinas, garantindo sua sustentabilidade. Dentre as fruteiras, os citros se destacam como a de maior importância para o País, sendo a laranja doce [*Citrus sinensis* L. Osbeck] a fruta de maior produção e exportação (Agrianual, 2010).

O cultivo dos citros no Brasil está associado, historicamente, às condições edafoclimáticas favoráveis, destacando-se uma produção anual média de 18 milhões de toneladas de frutas frescas (FAO, 2007), tendo a região Sudeste como a maior produtora, abarcando cerca de 80% deste valor. O Nordeste responde por cerca de 9% da produção nacional, o que lhe confere o título de 2ª maior região produtora, possibilitando uma incontestável importância socioeconômica (Azevedo, 2003), notadamente nos estados da Bahia e Sergipe. Nota-se que o cultivo desta fruteira está alicerçado, em sua maioria, na combinação do limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) como porta-enxerto e a laranjeira Pêra (*C. sinensis*) como variedade copa (Azevedo, 2003; Mattos Junior et al., 2005). Apesar de suas excelentes características agrônômicas, com destaque para a tolerância à seca e a indução de produção precoce, o 'Cravo' é suscetível ao declínio (Mattos Junior et al., 2005) e à morte súbita dos citros (Bassanezi et al., 2003). Essas enfermidades causam perda de plantas e redução na produção, encarecem os tratamentos culturais e encurtam a vida útil dos pomares. Tais eventos indicam que a produção de mudas cítricas é uma atividade imprescindível para atender as necessidades de reposição de novas plantas em pomares afetados. Por outro lado, tem-se a acrescentar, ainda, que as mudas podem ser uma das principais vias de disseminação de pragas e patógenos, conferindo à atividade, em sua produção, um caráter também estratégico. Neste sentido, a produção e comercialização de mudas em alguns estados devem ser realizadas por meio de certificação.

Destaca-se, também, que a produtividade de espécies de citros na região Nordeste é baixa, devido, sobretudo, ao déficit hídrico que ocorre durante mais de seis meses do ano, coincidindo, geralmente, com temperaturas elevadas, necessitando-se de irrigação para se obter maiores níveis de produtividade (Azevedo 2003). Um dos problemas da região é a qualidade da água de poços, açudes e rios, nem sempre adequada ao crescimento sem anomalias fisiológicas às plantas, em razão, sobretudo, da concentração relativamente

alta de sais (Medeiros, 1992; Audry e Suassuna, 1995), ocasionando redução em crescimento, desenvolvimento e produtividade, devido ao aumento da salinidade no solo. A salinidade pode afetar, ainda, a condutância estomática (Tester e Davenport, 2003) e a atividade fotossintética (García-Legaz et al., 1993; Bañuls et al., 1997), notadamente em plantas cítricas, consideradas sensíveis à salinidade (Mass e Hoffman, 1977; Tester e Davenport, 2003), embora em alguns trabalhos tenham sido encontrados resultados divergentes (Maas, 1993).

Uma prática que pode viabilizar o uso de água de baixa qualidade e de solos salinos é a utilização de genótipos de elevada tolerância a esse fator abiótico. O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à salinidade via programas de melhoramento genético, entretanto, exige o desenvolvimento de estudos para avaliação do efeito da salinidade sobre aspectos da fisiologia da planta, visando identificar processos que possam ser responsáveis por eventuais mecanismos de tolerância.

A exemplo do que se verifica em outras frutíferas propagadas por enxertia, nos citros a tolerância à salinidade deve ser avaliada considerando-se a combinação copa/porta-enxerto. A seleção criteriosa de ambos é fundamental para o sucesso da citricultura. No Brasil e, de forma mais acentuada, no Nordeste, predomina a utilização do limoeiro ‘Cravo’, independente da condição de clima e de solo e da cultivar-copa utilizada (Azevedo, 2003). Embora esta 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 outras naturezas, como estresse salino, notadamente com a expansão de áreas cultivadas na região Semiárida, originando e podendo causar prejuízos imensuráveis à citricultura. Neste contexto, a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com apoio da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical – CNPMF, pertencente a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa), trabalhando com genótipos de citros, identificaram alguns tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade, durante a fase de formação de porta-enxerto, indicando materiais com potencial de produção de mudas de citros sob estresse salino, podendo os referidos genótipos combinados com variedades copa, formar plantas aptas à produção sob tais condições (Brito, 2007; e Brito et al., 2008).

2. ETAPAS DA PESQUISA

Contando com o apoio da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, está sendo desenvolvido um projeto de pesquisa com estresse salino em plantas cítricas; iniciou-se, numa primeira etapa, com estudos de tolerância de 37 genótipos de citros, variedades e híbridos, obtidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da mencionada unidade de pesquisas da *Embrapa*, com uso potencial como porta-enxertos. A primeira fase se estendeu até 150 dias após sementeira (DAS), iniciando-se, então, os tratamentos salinos, aos 60 DAS; neste experimento foram selecionados 20 genótipos, dos quais oito foram classificados como tolerantes, 11 como moderadamente tolerantes e um, o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (testemunha), foi classificado como moderadamente sensível (Brito 2007). Nesta nova etapa, alguns dos genótipos selecionados foram estudados sob estresse salino, em combinação com duas variedades copa, estudando-se a tolerância ao estresse salino na formação das mudas enxertadas e, após esta etapa, as melhores combinações entre copa/porta-enxertos foram estudadas sob água salina no Sertão da Paraíba caracterizando, assim, a terceira etapa, que abrangeu a fase de crescimento inicial das mudas em campo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a tolerância à salinidade de genótipos de citros, variedades e híbridos, na fase de formação de mudas cultivadas em casa de vegetação sob irrigação com água salina e no crescimento inicial em campo sob manejos de irrigação com água salina.

3.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar a tolerância dos genótipos de citros ao estresse salino durante a formação de mudas, por meio do percentual de sobrevivência;
- b) Selecionar os genótipos mais tolerantes, estabelecendo-se o nível máximo de salinidade da água passível de ser utilizada na irrigação de mudas de citros;
- c) Estudar as alterações morfofisiológicas, ocasionadas nas plantas irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade;
- d) Estudar a viabilidade do uso de recursos hídricos não convencionais no sistema de produção de mudas de citros;
- e) Estudar o crescimento inicial de combinações copa/porta-enxerto de citros no alto Sertão Paraibano, sob irrigação com água salina.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Citricultura

As plantas cítricas pertencem à família Rutaceae (Juss., Nom. Cons.), têm origem na Ásia e foram introduzidas no Brasil, provavelmente na Bahia, através das primeiras expedições colonizadoras; atualmente, o País é o maior produtor do mundo, com uma produção de 18,7 milhões de toneladas (FAO, 2007), destacando-se principalmente no comércio internacional de suco concentrado de laranja, responsável por cerca de 80% (Estanislau et al., 2001). Tal situação tem caracterizado a citricultura como promotora do crescimento socioeconômico contribuindo com a balança comercial nacional e, de modo particular, como geradora direta e indireta de empregos na área rural.

Para Azevedo (2003), o sucesso na produção de citros é obtido com o conhecimento do seu sistema produtivo, destacando a muda como o insumo de maior importância, constituída de dois indivíduos: da variedade porta-enxerto e da variedade copa. Assim, a produção de mudas se relaciona a: 1. Formação da variedade porta-enxerto, tomando-se cuidados com a aquisição de sementes, que devem ser idôneas, de variedades com características que permitam o bom desenvolvimento da variedade copa e sejam tolerantes a fatores adversos de natureza biótica e/ou abiótica; 2. Enxertia, realizada via borbulhia, devendo-se tomar cuidados com relação à aquisição de materiais provenientes de borbulheiras produtivas e livres de pragas (doenças e insetos praga), e 3. Crescimento da variedade copa, nesta etapa da produção de mudas deve-se tomar cuidado com o crescimento das mesmas, possibilitando a formação de mudas com crescimento satisfatório e livre de pragas e doenças.

Ressalta-se, no entanto, que a maioria dos estados produtores não apresenta programas de certificação de mudas de citros, possibilitando observar a formação de mudas com características agrônômicas inferiores às observadas quando estas são produzidas sob certificação. A exemplo, na produção de mudas tradicional (tipo raiz nua), o período para obtenção do material pronto para transplante é de 36 meses; no sistema de produção de mudas certificadas obtêm-se mudas entre 10 e 15 meses (Carvalho et al, 2005), ambos com base na sementeira. No Brasil, dentre os estados citrícolas, os estados de São Paulo, Sergipe e Bahia possuem certificação na produção de mudas, fato que tem consolidado a cultura nos Estados e no País.

Nota-se que, para o sistema de produção de mudas certificadas, deve-se adotar novas técnicas, permitindo aperfeiçoar o processo produtivo, com uso de tratamentos culturais como condução do enxerto até empregos de fitorreguladores e a fertirrigação (Boaventura et al 2003; Carvalho et al., 2005; Girardi et al., 2005).

O manejo da irrigação no processo de produção de mudas também é imprescindível no sucesso do empreendimento, especialmente em razão das mudas se encontrarem com sistema radicular confinado a um recipiente (Hartmann et al., 2002), fundamental, também, para as plantas cítricas. Conforme normas de produção de mudas de citros, é obrigatório o uso de substratos livres de agentes patogênicos, pragas e plantas invasoras (CATI, 1994). A maioria dos substratos usados na formação de mudas de citros é proveniente da decomposição orgânica da casca de pinus ou da casca do coco (Taveira, 2001). Destacando-se que o substrato exercerá papel fundamental na capacidade de armazenamento de água, nutrientes e, conseqüentemente, no crescimento das plantas (Arbona et al., 2005).

Além da formação de mudas com qualidade agrônômica desejável, outro fator é a escolha das melhores combinações entre variedades porta-enxerto e copa. Azevedo (2003) destaca algumas variedades porta-enxerto e copa caracterizando-as, a saber:

1. Limoeiro ‘Cravo’

Boa tolerância à seca; suscetibilidade à gomose de Phytophthora e ao declínio; boa produtividade; produção e maturação precoces de frutos de qualidade regular.

2. Limoeiro ‘Volkameriano’ (C. volkameriana V. Ten. & Pasq)

Boa tolerância à seca; menor suscetibilidade à gomose que a do ‘Cravo’; suscetibilidade ao declínio; produção e maturação precoces; boa produtividade; frutos de qualidade regular; incompatibilidade com a copa de laranjeira ‘Pera’.

3. Limoeiro ‘Rugoso’ (C. jambhiri Lush)

Boa tolerância à seca e moderada à salinidade; ótima adaptação a solos arenosos profundos; suscetibilidade à gomose e ao declínio; boa produtividade; produção e maturação precoces de frutos de qualidade inferior; as cultivares Nacional e Flórida são incompatíveis com a copa de laranjeira ‘Pera’.

4. Tangerineiras ‘Cleópatra’ (C. reshni hort. Ex Tanaka) e ‘Sunki’ [C. sunki (Hayata) hort. Ex Tanaka]

Tolerância moderada à seca e à gomose; maior tolerância ao declínio que ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e ‘Rugoso’; boa produtividade; produção e maturação tardias;

frutos de boa qualidade. A tangerineira ‘Cleópatra’ tem a maior tolerância à salinidade dentre os porta-enxertos comerciais.

5. Citranges (*C. sinensis* x *Poncirus trifoliata* (L) Raf) ‘Troyer’ e ‘Carrizo’

Baixa tolerância à seca e ao declínio; boa tolerância à gomose; início de produção tardia; maturação tardia de frutos de boa qualidade; incompatibilidade com as cultivares laranjeira ‘Pera’ e tangor ‘Murcott’ (híbrido de origem desconhecida, possivelmente resultante de cruzamento entre a tangerineira e laranjeira doce realizado pelo programa de melhoramento genético do United States Department of Agriculture – USDA, conforme Hodgson (1967)

6. Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *P. trifoliata*) ‘Swingle’

Tolerância moderada à seca, à salinidade e ao declínio; resistência à gomose; boa produtividade; início de produção tardia; frutos de boa qualidade; incompatibilidade com a copa de laranja ‘Pera’.

Com relação às cultivares copa, Azevedo (2003) recomenda que a escolha deve estar associada a diferentes épocas de maturação (precoces, de meia-estação e tardias), com a finalidade de ampliar a faixa de colheita do pomar, observando-se, ainda, a melhor combinação copa/porta-enxerto; recomendando as variedades copa dispostas no Quadro 1.

Quadro 1: Maturação e possíveis porta-enxertos para combinação com algumas variedades copa, recomendadas por Azevedo (2003).

Variedade	Maturação	Porta-enxertos para Combinação
Laranjeiras doces [<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck]		
Bahia	Meia estação	Limoeiros ‘Cravo’ (<i>C. limonia</i> Osbeck), ‘Rugoso’ (<i>C. jambhiri</i> Lush.) ‘Nacional’, ‘Estes’, ‘Mazoe’ e ‘Flórida’, citrange [<i>C. sinensis</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> (L) Raf.] ‘Carrizo’ e tangelo (<i>C. paradisi</i> Macfad x <i>C. tangerina</i> hort.ex Tanaka) ‘Orlando’
Baianinha	Meia estação	Limoeiros ‘Rugoso da Flórida’, Rugoso da Flórida FM e Cravo
Pera	Meia estação a Tardia	Tangerineira ‘Cleópatra’ (<i>C. reshini</i> hort. ex Tanaka), Limoeiro ‘Cravo’, Tangerineiras ‘Sunki’ [<i>C. sunki</i> (<i>hayata</i>) hort. ex Tanaka], ‘Swatow’ (<i>C. reticulata</i> Blanco) e ‘Oneco’ (<i>C. reticulata</i>)
Valencia	Tardia	Limoeiros Rugoso da Flórida FM, Rugoso da Flórida e Cravo
Limeira ácida [<i>C. latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka]		
Tahiti	Ano todo	Limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ (<i>C. volkameriana</i> V. Tem. & Pasq), citrumelo (<i>C. paradisi</i> Macfad x <i>P. trifoliata</i>) ‘Swingle’ e tangerineira ‘Cleópatra’

No Brasil predomina o cultivo da laranjeira ‘Pera’ enxertada, principalmente no limoeiro ‘Cravo’, devido à sua característica de induzir vigor, maior tolerância ao estresse hídrico e alta produtividade; entretanto, o limoeiro Cravo tem sido substituído, sobretudo por problemas fitossanitários, como o da morte súbita dos citros. A falta de diversificação de porta-enxertos poderá acarretar em vulnerabilidade com o aparecimento de novas moléstias, como ocorrido no caso da tristeza, na década de 40 e, mais recentemente, com a morte súbita dos citros; contudo, o Programa de Melhoramento Genético de citros do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura – PMG-Citros, tem obtido indivíduos através do cruzamento de materiais promissores, o que pode ser uma alternativa ao processo de formação de mudas com maior potencial produtivo.

Caracterizando-se as principais espécies de citros, segundo Mattos Junior et al. (2005), o porte das plantas é muito variável, dependendo da espécie, constando de plantas arbustivas (tangerineiras) até plantas com mais de 20 m de altura (‘Star Ruby’). A forma da copa geralmente é semiglobular ou arredondada, podendo ser piramidal.

Em plantas não enxertadas e no sistema de produção sob viveiro telado, o sistema radicular apresenta raiz axial pivotante, com ramificações laterais. Uma característica do sistema radicular é a ausência de pelos absorventes nas radículas; a raiz pivotante do citros pode alcançar de 2 a 3 m; contudo, nos principais estados produtores nordestinos (Bahia e Sergipe), na grande Unidade de paisagem de Tabuleiros Costeiros, onde predominam horizontes coesos, extremamente duros quando secos, o sistema radicular dos citros apresenta-se superficial, com aproximadamente 60% do seu volume na profundidade de 0-20 cm e 90% entre 0 e 40 cm (Cintra et al. 1999; Souza et al. 2004).

Segundo Mattos Junior et al. (2005) as folhas são coriáceas, simples, alternadas e persistentes, com exceção das plantas de *Poncirus trifoliata* que são compostas de três folíolos e caducas no inverno. A coloração é verde-escuro e apresenta pontos translúcidos formados por glândulas de óleos essenciais.

Com relação às flores, observa-se que são solitárias ou se apresentam na forma de rácimo. Surgem nas axilas das folhas nos ramos do último fluxo vegetativo. Cada flor apresenta de 4 a 5 pétalas brancas ou avermelhadas e púrpuras, conforme a espécie. O número de estames varia de 20 a 40 e há apenas um pistilo (Mattos Junior et al., 2005). As sementes são revestidas por uma película branca envolvendo um ou mais embriões, com cotilédones brancos ou verdes, de acordo com a espécie. Uma característica peculiar dos

embriões de sementes de citros é a apomixia, que representa uma forma de reprodução assexuada que ocorre no óvulo das plantas neste tipo de reprodução, a formação de um ou mais embriões nas sementes, sem redução cromossômica e sem fecundação (Silva, 2002). Observa-se que os embriões apomíticos apresentam uma constituição genética semelhante à da planta-mãe e sua formação acontece, diretamente, de células localizadas na estrutura gametofítica ou próximas a esta. Em citros, a apomixia ocorre de forma esporofítica (embrião se desenvolve a partir do esporófito), com embriogênese adventícia nucelar. Esse fenômeno é importante no processo de propagação de porta-enxertos, viabilizando a clonagem natural de variedades com características agronômicas superiores.

4.2. Água na agricultura

A água é o recurso natural mais abundante na face da terra, cobrindo cerca de 75% do planeta que, na verdade, poderia chamar-se planeta água, ressaltando-se que a maior parcela deste percentual é de água salgada, contida, principalmente, nos oceanos, sendo a responsável, através da intervenção nos ciclos energéticos físicos, químicos e biológicos, pela manutenção da vida. Assim, a opção de uso sustentável dos recursos hídricos deve ser relacionada à manutenção e garantia da qualidade de vida, agregando o desenvolvimento econômico social, aliado à conservação do meio ambiente.

Ressalta-se que, dentre as atividades econômicas, a agricultura é responsável por cerca de 70% do uso consultivo dos recursos hídricos; nota-se também, porém, que as taxas de crescimento da população mundial vêm superando as taxas de crescimento da oferta de alimentos, podendo-se destacar, como alternativa: O aumento de áreas produtivas e aumentar a produtividade (Paz et al., 2000). Estudos preliminares da FAO têm mostrado a importância do aumento da produtividade agrícola para suprir o aumento demográfico e do deslocamento da população para grandes centros urbanos. Tais fatos justificam o uso da água na irrigação de cultivos, como alternativa à melhoria na produtividade e aumento de áreas de cultivo, já que tal tecnologia pode, em média, dobrar a produtividade, possibilitando o cultivo de plantas em épocas e locais com baixa precipitação pluviométrica.

Nota-se, ainda, que o uso de água nos sistemas produtivos, especificamente na irrigação, deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayers e Westcot (1999). No entanto, assim como abordado por estes autores, o aspecto qualidade tem sido pouco considerado devido à quantidade e facilidade na aquisição destes recursos até então ocorrentes. Apesar deste fato se ter

modificado em razão da variabilidade climática e do aumento dos impactos ambientais ocasionados pela irrigação, aumentando a importância do uso de águas com melhor qualidade e manejo da irrigação preconizando o uso racional da água.

Assim, considerando a redução na disponibilidade de recursos, em face à eminente demanda de alimentos, ocasionada pelo aumento populacional, umas das formas de viabilizar o aumento de áreas irrigadas e a produção agrícola é o uso de praticamente todos os tipos de águas disponíveis, notadamente as de qualidade inferior, já que tanto nos projetos atuais como nos anteriores há uma alta demanda de recursos hídricos.

A disponibilidade de água para a agricultura é ainda menor em regiões áridas e semiáridas, assim como no Nordeste brasileiro, pois esta região possui uma precipitação média anual de 750 mm concentrada em quatro meses do ano, e uma evapotranspiração média anual de 2000 mm, obrigando os agricultores a usar de estratégias para armazenar e usar a água nos períodos secos. Além deste fato, a maioria das águas de açudes e poços da região contém sais (Audry e Suassuna, 1995), tornando viáveis somente cultivos de plantas tolerantes a tais condições, ou sob manejo de irrigação que preconize o controle de sais no solo, adotando-se, por exemplo, o uso da fração de lixiviação, sistemas de drenagens superficiais e subterrâneos ou a aplicação de corretivos como o gesso, caso o solo seja deficiente deste composto e a água possua alta sodicidade.

4.3. Tolerância das plantas à salinidade

As culturas não respondem de maneira semelhante à salinidade, ou seja, algumas conseguem produzir rendimentos economicamente viáveis, em níveis elevados de salinidade do solo, enquanto outras podem até não se desenvolver. Maas e Hoffman (1977) afirmam que, de maneira geral, a salinidade afeta as plantas em todos os estádios de desenvolvimento, sendo que em algumas culturas mais sensíveis seus efeitos podem variar dos primeiros estádios aos últimos.

Os efeitos do estresse salino, que levam à redução do crescimento e produtividade das culturas, estão associados a: (i) desbalanço nutricional, quando a alta concentração de Na^+ no solo reduz a disponibilidade de K^+ , Ca^{2+} e de Mg^{2+} , ou quando o Na^+ desloca o Ca^{2+} ligado às membranas, alterando sua integridade estrutural e funcional; (ii) toxidez por íons, quando o Na^+ , em altas concentrações na planta, interfere na estrutura e função de algumas enzimas ou na função do K^+ , como cofator em várias reações; (iii) efeito osmótico

restringindo a absorção de água pelas raízes, sob baixo potencial hídrico na solução do solo, o que pode ocasionar queda no potencial de turgescência das células, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Taiz e Zeiger, 2009; Epstein e Bloom, 2006).

A capacidade dos vegetais superiores de se desenvolver satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores inter-relacionados, destacando-se: constituição fisiológica da planta, seu estágio de desenvolvimento e hábitos radiculares. Tester e Davenport (2003) citam ser mais tolerantes aos sais as espécies de crescimento lento, em comparação com as de crescimento rápido.

Segundo Richards (1954), a tolerância à salinidade pode ser analisada de acordo com os seguintes critérios: (a) capacidade da cultura em sobreviver em solos salinos; (b) rendimento da cultura em solos salinos; (c) rendimento da cultura em solo salino, comparado a um solo não-salino, sendo este último critério o melhor para estudos comparativos. Conforme Rhoades et al. (1992), na seleção de culturas para solos salinos, deve-se dar atenção particular à sua tolerância à salinidade, durante o desenvolvimento inicial, pois baixas produções resultam, frequentemente, de falhas na obtenção de densidades satisfatórias de plantas. Algumas culturas tolerantes em fases posteriores às do crescimento se mostram, ao contrário, muito sensíveis na fase inicial.

Algumas culturas podem alcançar valores de oito a dez vezes a tolerância de outras. A amplitude da tolerância relativa permite um uso maior de águas com salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas para irrigação (Ayers e Westcot, 1999).

É importante reconhecer que os dados de tolerância aos sais não indicam, com precisão, as perdas quantitativas em produtividade em função da condutividade elétrica, considerando-se diferentes situações, uma vez que as respostas das plantas à salinidade variam com as condições climáticas e de solo, manejo agrônomico e de irrigação, genótipo, e fase de desenvolvimento, entre outros fatores (Rhoades et al., 1992; Taiz e Zeiger, 2009).

4.4. Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade

Existem plantas originárias de ambientes salinos, denominadas halófitas, com notável capacidade de adaptação à salinidade, capazes de absorver água em potenciais muito baixos (-3 MPa a -5 MPa) e de se ajustarem à presença de sais no meio e em seus tecidos. Outras espécies, comumente chamadas glicófitas, englobando grande parte das plantas cultivadas com finalidade econômica, têm menor grau de adaptação em ambientes com

elevadas concentrações de sais, por não desenvolver mecanismos eficientes de adaptação ao estresse salino (Läuchli e Epstein, 1984).

As halófitas têm seu mecanismo de tolerância baseado no ajustamento osmótico, ou seja, os íons absorvidos em excesso são acumulados no vacúolo das células para estabelecer equilíbrio osmótico com o baixo potencial de água do solo; ao serem compartimentalizados no vacúolo, a concentração salina no citoplasma é mantida em baixos níveis, de modo a não haver interferência nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação das proteínas em nível celular. É importante ressaltar que o ajuste osmótico é obtido por substâncias compatíveis com as enzimas e os metabólitos ali presentes, compostos orgânicos nitrogenados, na maioria das vezes (Taiz e Zeiger, 2009).

Os resultados referentes à tolerância de plantas a elevados níveis de salinidade devem ser analisados e interpretados adequadamente, antes de serem aplicados na prática. Os critérios de avaliação podem envolver mecanismos morfológicos (folhas mortas, redução em peso de matéria seca da parte aérea ou grãos) e mecanismos fisiológicos (Kozlowski e Pallardy, 2002).

4.4.1. Mecanismos morfológicos

É variável a tolerância das culturas aos sais solúveis e ao sódio. Rhoades e Loveday (1990) comentam que, entre as alterações desenvolvidas pelas plantas para se adaptarem aos sais, se encontram as de natureza morfológica (maior succulência devido à presença de um grande parênquima paliçádico) e as anatômicas (estrias de Caspary mais largas e segunda endoderme no córtex).

Conforme Flowers e Flowers (2005) e Epstein e Bloom (2006), o mais evidente mecanismo de tolerância aos sais é a adaptação morfológica das plantas, decorrente da redução da disponibilidade de água. Portanto, nas espécies tolerantes ocorrem mudanças morfológicas e anatômicas no sentido de superar a deficiência hídrica. As mudanças de estrutura são variáveis entre espécies e entre cultivares e incluem: folhas menores e em número reduzido, poucos estômatos por unidade de área foliar, espessamento da cutícula das folhas, diminuição da diferenciação e maior desenvolvimento dos tecidos vasculares.

Dentre os referenciais morfológicos considerados em avaliações de estresse salino pode-se tomar por base alguns caracteres, dentre os quais o número de folhas presentes na planta, em dado nível de salinidade, sendo os genótipos classificados como tolerantes,

moderadamente tolerantes ou moderadamente susceptíveis e susceptíveis. Outro referencial morfológico é a redução na produção de matéria seca, sob certo grau de salinidade em relação à testemunha; este critério é considerado o melhor para a avaliação devido à sua aplicação em condições de campo. Além desses critérios, pode ser usado o índice de eficiência de produção (IEP), calculado com base na relação entre a produção média obtida com alto e baixo nível de salinidade, classificando-se os genótipos quanto à tolerância a salinidade (Fageria e Gheyi, 1997).

4.4.2. Mecanismos fisiológicos

Segundo Adnan (2004), em citros, ocorre primeiro decréscimo do potencial osmótico em resposta aos níveis de salinidade; os mecanismos fisiológicos de adaptação, como acumulação e exclusão de íons e ajustamento osmótico, são 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 (Flowers, 2004; Taiz e Zeiger, 2009). A importância relativa dos mecanismos varia entre espécies de planta, entre cultivares da mesma espécie e, em alguns casos, entre partes da planta (Fageria e Gheyi, 1997; Epstein e Bloom, 2006).

A taxa de absorção é variável entre íons e, por isso, influencia o balanço iônico na planta. O Cl^- contribui muito mais para o ajustamento osmótico que o SO_4^{2-} , pois a absorção do Cl^- é muito mais rápida. Quando a salinidade consiste, predominantemente, de cátions monovalentes e ânions bivalentes, como Na_2SO_4 , a taxa de cátions absorvidos é maior que a de ânions; nesta situação, o balanço iônico é alcançado mediante a síntese e acumulação de ácidos orgânicos (Maas e Hoffman, 1977; Taiz e Zeiger, 2009).

Läuchli e Epstein (1984) citam 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 o sorbitol. Segundo Tester e Davenport (2003) e Flowers (2004), 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 ao estresse hídrico por osmose.

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 Na: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 e Gheyi, 1997; Flowers e Flowers, 2005).

As plantas que acumulam sais em ajustamento osmótico são denominadas eualofíticas e as que acumulam mais solutos em comparação aos sais, são chamadas glicolofíticas. Por exemplo, em cenoura (*Daucus carota* L.), o aumento de concentrações de sacarose, sob condições salinas, é o componente principal de ajustamento osmótico mas em beterraba (*Beta vulgaris* L.) os sais são os principais componentes, em lugar da sacarose. Nas eualofíticas, geralmente há acumulação de sais na forma de NaCl; essas plantas possuem mecanismo de adaptação para alta concentração de sais pelo aumento da suculência, pelo acúmulo em partes menos sensíveis, pela exclusão do excesso de sais de seus órgãos ou por combinação de tais mecanismos (Fageria e Gheyi, 1997; Taiz e Zeiger, 2009).

Taiz e Zeiger (2009) e Flowers (2004) citam que algumas plantas tolerantes, a exemplo do algodoeiro (*Gossypium spp.*), que produzem solutos orgânicos reguladores do gradiente osmótico no citoplasma ou no vacúolo, acumulando, por exemplo, sorbitol nas raízes e glicina betaína nas folhas.

A variabilidade genética é de inquestionável utilidade, por permitir a seleção de espécies e cultivares mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos, economicamente aceitáveis, em condições de salinidade (Flowers e Flowers, 2005).

4.5. Salinidade em plantas cítricas

Pompeu Junior et al. (1986) citam, dentre as características importantes para um porta-enxerto, sua tolerância à salinidade, além de influências sobre produção quantitativa e qualitativa de frutos, precocidade e permanência dos frutos na planta.

Tozlu et al. (2000) verificaram ser o *P. trifoliata* um porta-enxerto tolerante à salinidade, assim como identificado por Srivastava et al. (1998) que, em um experimento em

vasos com plântulas de quatro porta-enxertos, ressaltaram que a laranjeira 'Trifoliata' foi o porta-enxerto mais tolerante à salinidade. Moya et al. (2003) constataram resultados semelhantes aos de ambos autores, mas também a possibilidade de ser esta tolerância de natureza genética, por ter sido repassada a indivíduos 'F1', provenientes de cruzamentos com outras espécies.

Conforme Chen et al. (1990), o dano do sal às plantas de citros é devido às altas concentrações de Cl^- , Na^+ ou HCO_3^- no solo, e é possível solucionar o problema pelo uso de porta-enxertos tolerantes à salinidade; até então, a absorção e a acumulação de Cl^- e Na^+ eram controladas pelo porta-enxerto; posteriormente, eles declararam que a tolerância à salinidade é uma característica hereditária quantitativa em citros; assim, são de grande importância a identificação e a seleção de genótipos tolerantes, os quais podem ser usados diretamente como porta-enxertos ou como material de melhoramento.

Nieves et al. (1991) cultivando plantas de 1 ano de idade de limoeiro verdadeiro [*C. limon* (L) Burm. f.] 'Verna' e 'Fino' enxertados em laranjeira Azeda (*C. aurantium* L.) e Alemow (*C. macrophylla* Wester), usando solução nutritiva contendo 2 (controle), 40 e 80 μmol de NaCl/L durante 75 dias, observaram que o crescimento de todas as combinações foi afetado pelo aumento na salinidade mas o efeito foi mais severo em Alemow. Os autores concluíram que a diferença nos parâmetros determinados em resposta à salinidade e atribuída à capacidade de diferenciação de cada combinação copa/porta-enxerto, em importar Cl^- e Na^+ para as folhas.

Levy et al. (1999) estudando o efeito da irrigação com água salina em seis genótipos de citros em um experimento de campo, com salinidade variando entre 2,0 a 6,4 dS m^{-1} , observaram a tangerineira 'Cleópatra' como melhor excludor de Cl^- ; Singh et al. (2003) reportaram que o limoeiro 'Cravo' é mais tolerante à salinidade em virtude da menor mortalidade de plantas, baixas concentrações de Na^+ e Cl^- e baixa relação Na:K na parte aérea (caule + folhas) das plântulas.

Cruz et al. (2003) avaliaram a influência da salinidade (0, 20, 40 e 80 mM de NaCl) sobre alguns índices fisiológicos e de crescimento do limoeiro 'Cravo', principal porta-enxerto da citricultura brasileira, verificando redução na produção da matéria seca do caule e das raízes; nos níveis intermediários de NaCl (20 e 40 mM), nem a área foliar e a matéria seca das folhas foram afetadas, o que só ocorreu no nível de 80 mM. O aumento dos níveis de salinidade resultou em menores valores da relação raiz/parte aérea das plantas, na

condutância estomática, na transpiração e na temperatura foliar, fato observado também por Brito et al (2008) para a maioria dos híbridos estudados; estes autores destacam também que a salinidade afeta mais significativamente a fitomassa seca total das plantas.

Segundo Moore et al. (2000), as toranjeiras [*C. maxima* (Burm.) Merr.] têm características de tolerância à salinidade, transmitidas a alguns híbridos envolvendo esta espécie.

Reduções no rendimento de limoeiro verdadeiro foram observadas por Cerdá et al. (1990), ao ser exposto à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de aproximadamente 2 dS m^{-1} , acarretando, ainda, diminuição na área foliar e sintomas de toxidez nas folhas. Cole (1985) verificaram altas concentrações de cloreto, em plantas com redução no rendimento e com sintomas de toxicidade.

Trabalhando com plantas de *C. aurantium* e *C. macrophylla*, irrigadas com soluções isotônicas de $0,23 \text{ MPa}$ de Na^+ (40 mM, sem Cl^-), Cl^- (40 mM, sem Na^+) e NaCl (40 mM), Ruiz et al. (1999) observaram redução do crescimento pelo efeito osmótico dos tratamentos, em ambas as espécies, mas com efeito iônico apenas em *C. macrophylla*.

Brito (2007) e Brito et al. (2008), estudando diversos genótipos de citros (variedades e híbridos) durante a formação de porta-enxertos, provenientes de cruzamentos com ‘Trifoliata’ e tangerina ‘Sunki’, destacam materiais tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade, ressaltando a importância do melhoramento genético e o potencial de utilização de híbridos de porta-enxertos para adaptação de plantas a solos salinos e águas com baixa qualidade.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Etapa I: Experimento com estresse salino na formação de mudas

5.1.1. Localização

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (Figura 1), localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude S e 35°52'28" de longitude W, a uma altitude de 550 m.



Figura 1: Vista geral do experimento em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), no campus de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2010

5.1.2. Tratamentos e delineamento estatístico

Cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CE_a) foram testados nos diferentes genótipos de citros: $S_1=0,8$; $S_2=1,6$; $S_3=2,4$; $S_4=3,2$ e $S_5=4,0$ $dS\ m^{-1}$, sendo dois níveis abaixo da salinidade limiar ($2\ dS\ m^{-1}$) de variedades de citros, descrita por Singh et al. (2003), e três níveis acima deste limite.

Os respectivos níveis de salinidade foram aplicados em 12 genótipos de porta-enxertos de citros, combinados a duas variedades copa. Unindo-se os fatores, em um delineamento em blocos casualizados, tem-se como resultado 120 tratamentos (5 níveis de

salinidade x 12 porta-enxertos x 2 variedades copa), considerando o limoeiro ‘Cravo’ como testemunha, com 3 repetições e cada parcela foi constituída de 9 plantas úteis.

Ressalta-se que, a princípio, o experimento conduzido por Brito (2007) em sua Dissertação havia destacado dezessete genótipos, os quais estão descritos no Quadro 2, porém, em virtude de problemas experimentais, notadamente, baixa germinação das sementes, houve a viabilidade de cultivo de 12 porta-enxertos, destacados na coluna ‘Condição’ como ‘Cultivado’, dentre os quais cinco foram classificados como tolerantes (T) e seis como moderadamente tolerantes (MT), selecionados no primeiro experimento (Quadro 2) descrito em Brito (2007), cujas sementes foram fornecidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – PMG Citros, sendo os mesmos divididos em três grupos, por afinidade genética, visando facilitar a condução das avaliações, tendo em comum o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ como testemunha.

Quadro 2: Genótipos de citros tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade de citros propostos para compor experimento. Campina Grande, PB, 2010

	Genótipos (G) ¹	Classificação²	Grupo	Condição
G1	Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’	MS	Testemunha	Cultivado
G2	TSKC x CTSW – 064	T	1	Cultivado
G3	TSKFL x CTC25 – 010	T	1	Cultivado
G4	TSKFL x CTC13 – 005	MT	1	Cultivado
G5	HTR – 069	T	2	Cultivado
G6	LCR x TR – 001	T	3	Baixa germinação
G7	CITRANGE TROYER	MT	2	Cultivado
G8	LRF x (TR x LCR) – 005	MT	3	Cultivado
G9	TSKC x CTSW – 019	MT	1	Baixa germinação
G10	TSKC x CTTR – 028	MT	1	Baixa germinação
G11	TSKC x CTSW – 031	T	2	Cultivado
G12	LIMOEIRO VOLKAMERIANO	T	1	Cultivado
G13	TSKC x (TR X LCR) – 029	T	2	Cultivado
G14	TSKC x CTQT1439 – 001	MT	2	Baixa germinação
G15	TANGERINEIRA CLEOPATRA	-	2	Baixa germinação
G16	TSKC x CTARG – 015	MT	3	Cultivado
G17	TSKFL x CTTR – 013	MT	3	Cultivado

¹Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção ‘da Flórida’, CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange ‘Troyer’, LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção ‘da Flórida’, TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro ‘Cravo’, LVK: limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange ‘Argentina’.

² T: tolerante; MT: Moderadamente Tolerante; MS Moderadamente Sensível

Tem-se na Figura 2, as folhas de cada genótipo porta-enxerto estudado, ressaltando a presença de sete materiais com folhas trifoliadas.

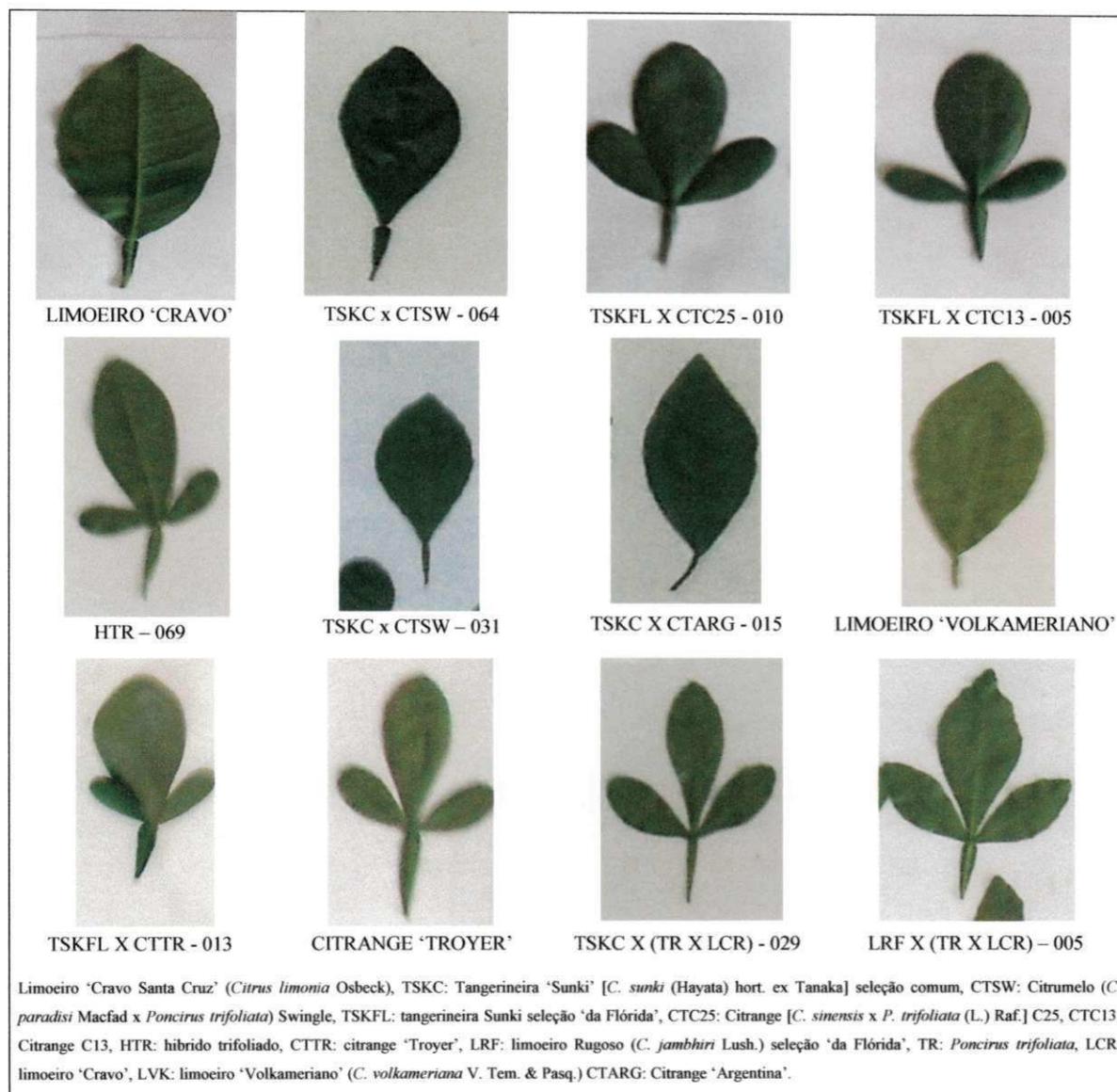


Figura 2: Folhas dos genótipos porta-enxerto estudados. Campina Grande, PB, 2010.

Os genótipos descritos foram enxertados, por borbulhia (Figura 3A), em duas variedades copas, no pomeleiro 'Star Ruby' (*C. paradisi* Macfad) e na limeira ácida 'Tahiti' [*C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] seleção 'CNPMPF 2001' (Figura 3B), por estas apresentarem potencial produtivo em regiões semiáridas e indicadas por Mattos Junior et al. (2005) para climas com temperatura elevadas.

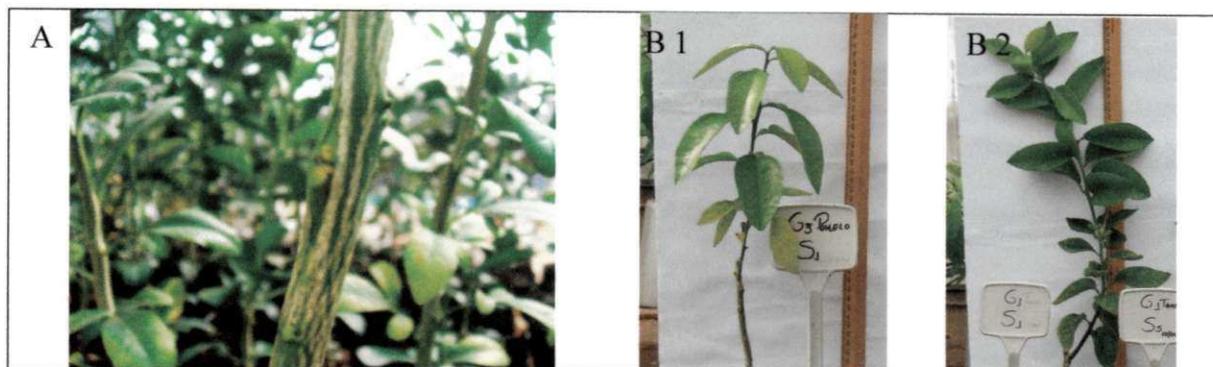


Figura 3: (A) Detalhe da borbulhia; (B) variedades copa enxertadas: 1-Pomelo ‘Star Ruby’, e 2-Limeira Ácida Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.

5.1.3. Crescimento das mudas

A sementeira e o início de crescimento das plantas dos distintos genótipos ocorreram em tubetes (Figura 4A), com capacidade de 288 mL de substrato, seguindo-se orientações de formação de mudas de citros, contidas em Agrobayte (2006). As plantas produzidas em tubetes, após germinação e crescimento inicial [150 dias após sementeira (DAS)], foram repicadas para sacolas plásticas, com dimensões de 12 cm de diâmetro e 30 cm de altura (3,4 L) (Figura 4B), para posterior realização da enxertia e formação da muda para campo.

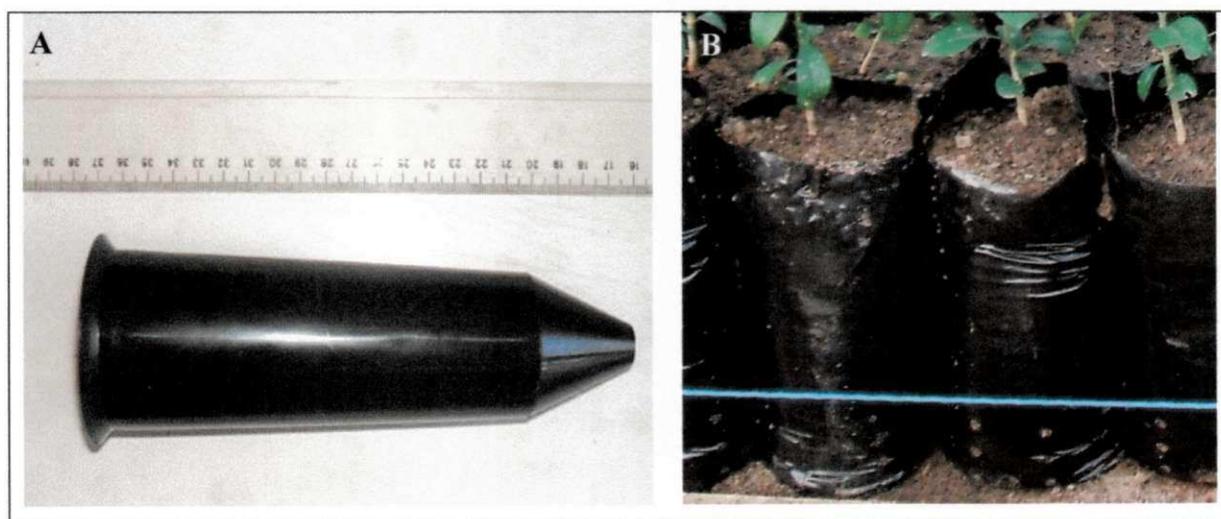


Figura 4: Recipientes para o crescimento das mudas nas fases do processo de formação de mudas. (A) Tubete de 288 mL; (B) Sacola plástica com capacidade de 3,4L. Campina Grande, PB, 2010.

As sementes, já devidamente selecionadas e tratadas com fungicida disulfato de thiram (4g kg^{-1} de sementes), foram semeadas na razão de duas por tubete (Figura 5A), preenchidos com substrato comercial contendo uma combinação de vermiculita, casca de

pinus e casca de arroz carbonizada, na proporção de 1:1:1 (Figura 5B). Após as devidas anotações de emergência, deixou-se desenvolver apenas uma plântula (pé-franco) por recipiente. Nesse processo de seleção, foram eliminadas as plântulas desuniformes, em relação ao padrão de cada genótipo, de modo a descartar eventuais indivíduos de origem sexuada, mantendo-se somente aqueles de origem apogâmica (nucelares) (Agrobyte, 2006).



Figura 5: Detalhe da sementeira (duas sementes por tubete) (A) e do substrato comercial composto por vermiculita, casca de pinus e humos na proporção 1:1:1, respectivamente (B). Campina Grande, PB, 2010.

A irrigação foi realizada com um volume uniforme de água às plantas, em função da evapotranspiração média no tratamento testemunha, obtida por pesagem, adicionando-se uma fração de lixiviação (FL) de 20%. O volume aplicado (V_a) por tubete ou sacola foi obtido pela diferença entre a média do peso dos recipientes em condição de máxima retenção de água (P_{cc}), o qual foi determinado saturando-se os tubetes ou sacolas com água e submetendo-os à drenagem; quando o volume drenado estava reduzindo, os recipientes foram pesados, obtendo-se o valor do P_{cc} quando o peso dos recipientes com substrato foi constante; e o peso médio dos recipientes na condição atual (P_a), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na expressão 1:

$$V_a = \frac{P_{cc} - P_a}{n(1 - FL)}$$

Exp 1

Adotaram-se todos os demais cuidados de controle de ervas daninhas, prevenção e controle de pragas e doenças, normalmente recomendados na produção de mudas cítricas (Agrobyte, 2006).

5.1.4. Preparação das águas de irrigação

As águas de irrigação 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 esta predominante aos íons em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992; Audry e Suassuna, 1995).

No preparo da água de irrigação com vários níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CE_a e concentração de sais ($10 \text{ meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CE_a), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CE_a de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ em que se enquadram os níveis testados, tendo como base a água de abastecimento, existente no local. Após preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 50 L, um para cada nível de CE_a estudado, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade. Para preparo das águas, com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil.

5.1.5. Variáveis analisadas

5.1.5.1. Variáveis de crescimento

a) Crescimento dos porta-enxertos

A cada 30 dias, iniciando-se aos 60 DAS e finalizando com o advento da enxertia (240 DAS), foram mensurados a altura (cm), o diâmetro do porta-enxerto (mm) (Figura 6) e contado o número de folhas, obtendo-se, a partir desses dados, a Taxa de Crescimento Relativo (TCR), que mede o crescimento em função da matéria pré-existente, obtida pela expressão 2 (Fernandes, 2002; Benincasa, 2003):

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad \text{Exp. 2}$$

Em que: A_2 = diâmetro, altura ou número de folhas obtido no final do período de estudo; A_1 = diâmetro, altura ou número de folhas obtido no início do período de estudo; $t_2 - t_1$ = diferença de tempo entre as amostragens.

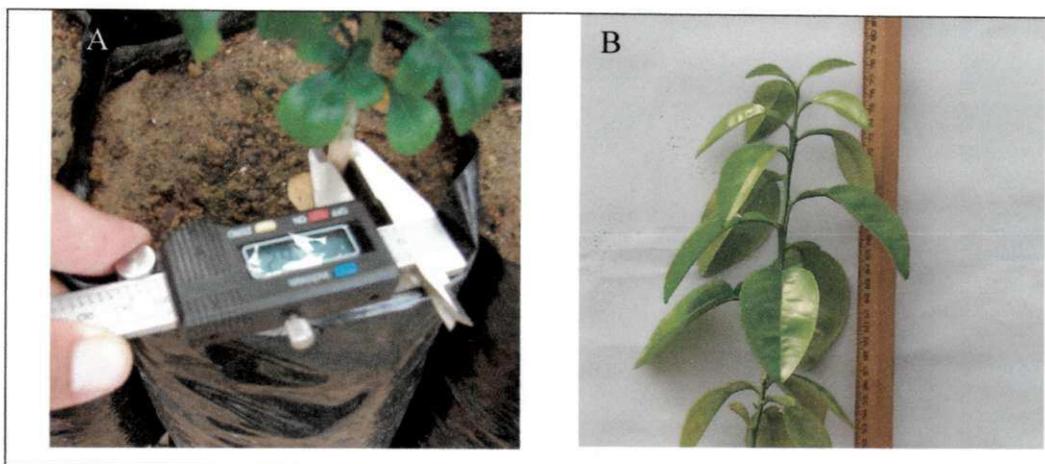


Figura 6: Determinação do diâmetro de caule (A) e da altura de planta (B) nas plantas de citros sob estresse salino. Campina Grande, PB, 2010.

b) Fitomassa da parte aérea dos porta-enxertos

Com a realização da enxertia, aos 240 dias após semeadura a 15 cm do solo, conforme recomendações contidas em Mattos Junior et al. (2005), realizou-se o corte do porta-enxerto a 2 cm acima do enxerto, correspondendo a 17 cm acima do solo. O material coletado foi embalado e levado à estufa de circulação forçada de ar, onde ficou durante 48 horas para obtenção da massa seca, possibilitando a determinação da fitomassa da parte aérea dos porta-enxertos (FSPA) (g).

c) Crescimento após enxertia

Após a enxertia e a cada 30 dias, foram mensurados a altura, o diâmetro do porta-enxerto, o diâmetro na enxertia e o diâmetro da copa, além de contado o número de folhas; iniciando-se aos 300 DAS e finalizando com as mudas aptas ao transplante, fato que ocorreu aos 330 DAS.

Com as mudas aptas ao transplante em campo, o experimento foi encerrado em ambiente protegido, processando-se a avaliação das seguintes variáveis, em duas plantas úteis: fitomassa do sistema radicular (g), referente às raízes existente no substrato, fitomassa do porta-enxerto (g), relativo ao caule do porta-enxerto cortado entre o colo e o ponto de enxertia (Figura 7), fitomassa na enxertia (g), alusivo a região da enxertia, e fitomassa da copa (g), concernente a massa formada a partir da enxertia. Estes materiais foram secados a 65° C, em estufa de circulação forçada de ar, até massa constante. Com esses dados se obteve a relação raiz/parte aérea.



Figura 7: Ilustração de cortes para avaliação de fitomassa dos copa/porta-enxertos. Campina Grande, PB, 2010.

5.1.5.2. Seleção das combinações copa/porta-enxerto

A seleção dos genótipos foi realizada por determinação do índice de sobrevivência das mudas ao estresse salino, obtido por meio da expressão 3.

$$IS = \frac{n^{\circ} S}{n^{\circ} T_{pl}} \times 100 \quad \text{Exp.3}$$

Sendo: IS é o índice de sobrevivência (%), n^oS é o número de sobreviventes após enxertia e n^oT_{pl} é o número total de plantas enxertadas.

Etapa II: Experimento com estresse salino em campo

5.2.1. Localização

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Tabuleiro, cedida ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA da UFCG, localizada no município de Pombal, Paraíba, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, a uma altitude de 194 m (Figura 8).

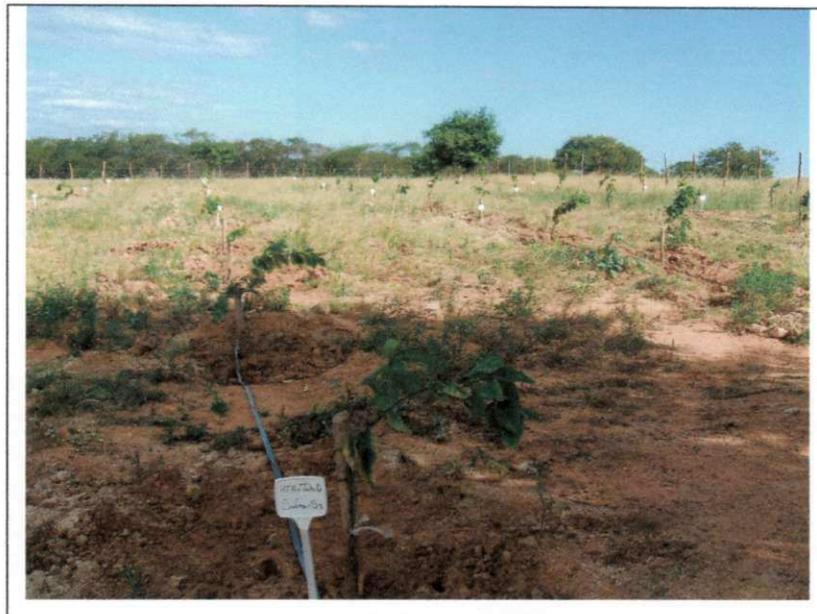


Figura 8: Área experimental da Fazenda Tabuleiro, onde está implantada a terceira etapa dos estudos de plantas enxertadas. Pombal, PB, 2010.

Denota-se que o município de Pombal se encontra na unidade Geoambiental da Depressão Sertaneja, caracterizada por um relevo suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas e um clima descrito por Mascarenhas et al. (2005) como Tropical Semiárido, situado na bacia do Rio Piancó, sendo esta uma sub-bacia da Bacia do Rio Piranhas-Açu, o qual disponibiliza recursos hídricos que têm como usos consultivos: 1. Doméstico; 2. Agricultura; e 3. Dessedentação animal. Conforme normais climatológicas obtidas no site www.inmet.gov.br, o período de chuvas está concentrado nos meses de janeiro a julho, porém, com maiores precipitações entre os meses de fevereiro e maio.

5.2.2. Tratamentos e delineamento estatístico

No delineamento experimental de bloco casualizados com esquema fatorial, estudaram-se:

- Seis combinações copa/porta-enxerto (Quadro 3), as quais foram selecionadas devido ao maior percentual de sobrevivência na fase de produção de mudas.
- Três manejos de água salina, correspondendo: manejo 1. irrigação com água de boa qualidade, captada em açude com salinidade de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$; manejo 2. irrigação com água salinizada com condutividade de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, em plantas (copa/porta-enxerto) de citros provenientes do tratamento testemunha na fase de produção de mudas ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e manejo 3: relacionado à irrigação com água salinizada até a condutividade de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, em plantas (copa/porta-enxerto) de citros que foram submetidas à água com $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividades elétrica.

Quadro 3: Relação de combinações copa/porta-enxerto selecionadas para a fase de campo devido a maiores percentuais de sobrevivência. Pombal, PB, 2010.

Porta-enxertos ¹	Copa ²
Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'	Limeira Ácida 'Tahiti'
Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'	Pomeleiro 'Star Ruby'
Híbrido Trifoliado – 069	Limeira Ácida 'Tahiti'
Híbrido Trifoliado – 069	Pomeleiro 'Star Ruby'
Limoeiro 'Volkameriano'	Limeira Ácida 'Tahiti'
Limoeiro 'Volkameriano'	Pomeleiro 'Star Ruby'

¹Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), Limoeiro Volkameriano (*C. volkameriana* V. Ten. & Pasq.)

²Limeira Ácida 'Tahiti' [*C. latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], pomeleiro 'Star Ruby' (*C. paradisi* Macfad)

Assim se tem no Quadro 4, o esquema de tratamentos para cada combinação copa/porta-enxerto, durante o experimento de campo.

Quadro 4: Esquema de composição dos tratamentos para cada combinação copa/porta-enxerto selecionada na fase de formação de muda. Pombal, PB, 2010.

Manejos de água salina	Salinidade da água na fase de produção de mudas	Salinidade da água na fase de campo
Manejo 1 (Testemunha)	$0,8 \text{ dS m}^{-1}$	$0,8 \text{ dS m}^{-1}$
Manejo 2	$0,8 \text{ dS m}^{-1}$	$2,4 \text{ dS m}^{-1}$
Manejo 3	$2,4 \text{ dS m}^{-1}$	$2,4 \text{ dS m}^{-1}$

A água de boa qualidade foi captada de uma barragem de terra, localizado na propriedade, pertencente à bacia do Rio Piranhas-Açu, com salinidade média durante o ano de 0,8 dS m⁻¹; obteve-se a água com qualidade inferior (salina) através da salinização da água do açude, adicionando-se solução com NaCl até a concentração de 2,4 dS m⁻¹, seguindo a metodologia descrita no item '5.1.4' para preparo de solução; a água salina foi armazenada em dois tanques de 1.000 L de capacidade.

Combinados os fatores, obtiveram-se 6 combinações copa/porta-enxerto, com 3 manejos de água salina em 3 blocos, totalizando 54 parcelas. A unidade experimental foi composta por 3 plantas úteis.

5.2.3. Crescimento das plantas

As mudas de citros selecionadas foram implantadas em campo no dia 10 de agosto de 2009, de acordo com as recomendações contidas em Agrobyte (2006), utilizando-se de covas com dimensões de 40 x 40 cm na abertura e 60 cm em profundidade, espaçadas 4 m entre linhas e 3 m entre plantas, nas quais foi plantada uma muda/cova.

Previamente, coletou-se e se analisou o solo, para identificação do nível de salinidade e das características de sua fertilidade (Tabela 1), observando-se que foi classificado como não-salino e não-sódico, com boa fertilidade química, apresentando altos teores de fósforo e potássio e alta saturação de bases; o preparo do solo constou de gradagem, seguida pelo preparo das covas. A adubação de fundação foi realizada usando-se esterco ovino (10L por cova) e superfosfato simples, conforme análise de solo e recomendações contidas em Agrobyte (2006).

Tabela 1: Características químicas do solo da fazenda Tabuleiro, coletado na área de implantação da cultura do citros. Campina Grande, PB, 2010.

Análise	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	T	V%
		dS m ⁻¹	-----mmol _c dm ⁻³ -----									
C. Solúvel	5,38	0,38	0,62	0,88	2,28	0,35	2,00	Ausente	0,00	1,70	-	-
			-----cmol _c kg ⁻¹ -----									
C. Sortivo	6,15	0,11	3,50	4,00	0,31	0,28	-	-	-	-	10,25	78,92

As plantas foram irrigadas por gotejamento (Figura 9), obtendo-se a lâmina de irrigação pela estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c), que é função da evapotranspiração de referência (ET_o), obtida pelo método proposto por Penman-Monteith

adaptado pela FAO (Allen, 1998), conforme Expressão 4, multiplicada pelo coeficiente de cultura (Kc) de espécies cítricas descrito também na mesma publicação.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (\text{mm}) \quad \text{Exp 4}$$

Onde: ET_o = Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Rn = radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); U_2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s^{-1}); T = temperatura ($^\circ\text{C}$); e_s = pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e_a = pressão real do vapor d'água (kPa); γ = fator psicrométrico (MJ kg^{-1}).



Figura 9: Ilustração do sistema de irrigação por gotejamento nas plantas de citros. Campina Grande, PB, 2010.

Os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica automática de São Gonçalo, distrito de Sousa, PB, disponíveis no site “www.inmet.gov.br”.

Adotaram-se todos os demais cuidados de controle de ervas daninhas, prevenção e controle de pragas e doenças normalmente recomendados no sistema de produção de citros (Agrobyte, 2006).

O início dos tratamentos ocorreu 60 dias após o plantio, fato relacionado à garantia de pegamento das plantas no campo e ao período de precipitações atípico que perdurava na região; durante este período, todas as plantas receberam água com baixo conteúdo de sais, proveniente do açude.

Quanto ao manejo da irrigação e aplicação de águas salinas, têm-se, na Figura 10, as precipitações ocorrentes desde a implantação do experimento (10 de Agosto de 2009), desta forma, nota-se que a instalação coincidiu com o final do período chuvoso, sendo que as plantas foram irrigadas com água de boa qualidade até o dia 10 de Outubro. A partir deste dia iniciou-se as irrigações com água salina nos respectivos tratamentos; é importante notar, também, que o período de chuvas na região foi, naturalmente, antecipado, como pode-se notar pela ocorrência de chuvas em dezembro (Figura 10), desta forma, no mês de dezembro de 2009 e entre os meses de janeiro e abril de 2010 não foram realizadas irrigações significativas; nos períodos sem precipitação foram realizadas irrigações seguindo os critérios descritos.

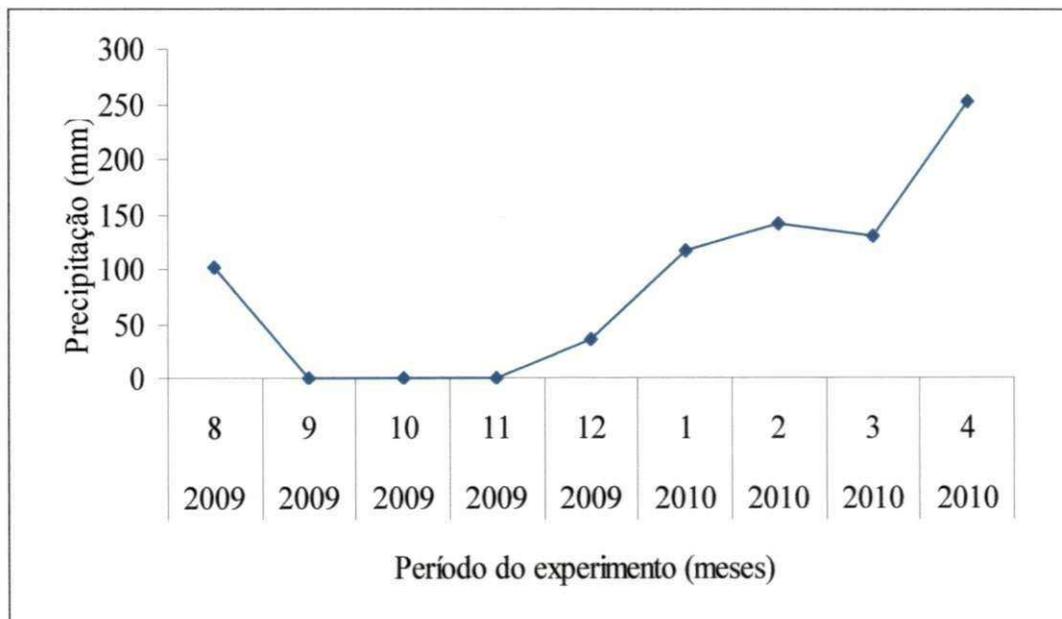


Figura 10: Precipitação no período de condução do experimento no município de Pombal, PB, com dados fornecidos pela Agência Nacional de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA). Pombal, PB, 2010.

5.2.4. Variáveis analisadas

5.2.4.1. Variáveis de crescimento

Com o início dos tratamentos, 60 dias após o transplante, e a cada 30 dias, foram mensurados o diâmetro do porta-enxerto medido no colo da planta com um paquímetro digital, o diâmetro de caule no ponto de enxertia, o diâmetro de caule medido na copa, correspondendo a cinco centímetros acima do ponto de enxertia, sendo, ainda, contado o número de folhas; a partir desses dados, obteve-se a taxa de Crescimento Relativo (TCR),

que mede o crescimento em função da matéria pré-existente, calcula pela equação 6 (Fernandes, 2002; Benincasa, 2003):

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad \text{Eq 6}$$

Onde: A_2 = diâmetro ou número de folhas obtido no final do período de estudo; A_1 = diâmetro, altura ou número de folhas obtido no início do período de estudo; $t_2 - t_1$ = diferença de tempo entre as amostragens.

5.2.4.2. Comportamento fisiológico

No período das avaliações de crescimento, foram determinadas: Taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação Φ_c (A/C_i) (Scholes e Horton, 1993; Neves, et al., 2002; Konrad et al., 2005; Ribeiro, 2006). Usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda, ilustrado na Figura 11.



Figura 11: Uso do equipamento portátil de medição da fotossíntese LCPro+: (A) Visão geral do equipamento; (B) Pinça para acoplar a folha e obtenção de gases; (C) detalhe do painel do equipamento. Pombal, PB, 2010.

5.2.4.3. Análise de crescimento e comportamento fisiológico com chuvas

Assim como mencionado no último parágrafo do item 5.2.3, durante o período de precipitações não foram realizadas irrigações significativas; diante disto, não se realizaram avaliações durante o período. Contudo, para verificar as condições das plantas após um período significativo de chuvas, realizou-se, no dia 10 de Abril de 2010, 120 dias após a última avaliação, ou 210 dias após o transplante, avaliação de crescimento e do

comportamento fisiológico, abrangendo as mesmas variáveis e metodologias descritas nos itens 5.2.4.1. e 5.2.4.2.

5.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Na Etapa I nos casos de significância, foi realizada análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para o fator 'salinidade da água de irrigação' e o teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de probabilidade) para o fator porta-enxerto durante a fase de formação de mudas; para o fator copa usou-se o teste de comparação de médias Tukey ($p < 0,05$); já na Etapa II havendo significância do teste F, as fontes de variação foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) (Ferreira, 2000).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Etapa I: Experimento com estresse salino na formação de mudas

6.1.1. Crescimento dos porta-enxertos

A fase de formação dos porta-enxertos se estendeu até 240 DAS, quando as mudas foram enxertadas, período em que as plantas foram avaliadas a cada 30 dias, iniciando-se aos 60 dias após semeadura (DAS), obtendo-se o número de folhas, a altura de planta e o diâmetro do caule medido na base do porta-enxerto. Observaram-se, conforme análise de variância disposta na Tabela 2, diferenças significativas entre os genótipos (GEN) nas épocas avaliadas. A 'salinidade' afetou as plantas a partir dos 120 DAS, fato que foi relacionado ao aumento gradual da concentração de sais no substrato, que se iniciou com a aplicação de águas salinas (60 DAS); não havendo, contudo, efeito da interação porta-enxerto com salinidade. Brito (2007) também destaca efeito da salinidade em genótipos de citros após os 100 DAS, corroborando com os resultados evidenciados neste trabalho.

Tabela 2: Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), altura de planta (ALT) e diâmetro de caule (DIAM) aos 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após semeadura (DAS) dos genótipos (GEN) de citros cultivados sob salinidade da água (SAL). Campina Grande, PB, 2010.

VARIÁVEL	DAS	GL	QM GEN	GL	QM SAL	GL	QM SAL*GEN	CV%
NF		11	10,8195**	4	0,5458 ^{ns}	52	0,1814 ^{ns}	13,16
ALT	60	11	30,1089**	4	0,3374 ^{ns}	52	0,2979 ^{ns}	21,04
DIAM		11	0,7073**	4	0,0086 ^{ns}	52	0,0166 ^{ns}	12,86
NF		11	31,9566**	4	0,1699 ^{ns}	52	1,0985 ^{ns}	14,39
ALT	90	11	86,1038**	4	1,0475 ^{ns}	52	0,8652 ^{ns}	19,49
DIAM		11	2,4561**	4	0,0598 ^{ns}	52	0,0200 ^{ns}	10,79
NF		11	60,4527**	4	5,8892*	52	0,7794 ^{ns}	13,29
ALT	120	11	166,9204**	4	11,9366 ^{5,56%}	52	0,4660 ^{ns}	18,19
DIAM		11	5,7498**	4	0,9184*	52	1,0725 ^{ns}	22,92
NF		11	93,2421**	4	14,6296**	52	2,0904 ^{ns}	13,15
ALT	150	11	281,4209**	4	40,5485**	52	4,4448 ^{ns}	16,31
DIAM		11	5,5455**	4	0,7566**	52	0,0458 ^{ns}	9,46
NF		11	138,0469**	4	71,6645**	52	4,0816 ^{ns}	13,20
ALT	180	11	582,2351**	4	229,8607**	52	14,2111 ^{ns}	14,57
DIAM		11	6,9073**	4	1,4669**	52	0,0766 ^{ns}	8,15
ALT		11	2181,8655**	4	507,1957**	52	40,3787 ^{ns}	15,82
DIAM	210	11	8,7815**	4	4,4885**	52	0,1038 ^{ns}	8,20
ALT		11	1269,3468**	4	1735,7654**	52	71,9436 ^{ns}	12,52
DIAM	240	11	9,3278**	4	8,5293**	52	0,2189 ^{ns}	7,28
TCR ALT	240	11	0,000067**	4	0,000012**	52	0,000001 ^{ns}	6,96
TCR DIAM	240	11	0,000006**	4	0,000007**	52	0,0000004**	7,32
TCR NF	180	11	0,000023**	4	0,000028**	52	0,000002 ^{ns}	15,19

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste F

6.1.1.1 Crescimento em número de folhas

Para o crescimento em número de folhas, destaca-se diferença entre os genótipos desde os 60 DAS e efeito dos níveis de salinidade da água a partir dos 120 DAS (Tabela 2), não havendo efeito da interação em nenhuma época de avaliação, revelando que os genótipos tiveram comportamento semelhante nos diferentes níveis da salinidade das águas. Para comparação das médias usou-se o teste de Scott-Knott, o qual é um teste aglomerativo, possibilitando o agrupamento (tratamentos) e retirada da ambiguidade dos efeitos (Stork, et al., 2000), fato comum em testes de comparações múltiplas, a exemplo do teste de Tukey. Nota-se, na avaliação de crescimento aos 180 DAS e conforme teste mencionado, distinção de cinco grupos de genótipos porta-enxertos, destacando-se maior contagem de folhas no grupo composto pelo porta-enxerto '3' (TSKFL x CTC25 - 010), com um valor médio de 21 folhas; o grupo com menor média foi composto pelo porta-enxerto '4' (TSKFL x CTC13 - 005), constatando-se cerca de 10 folhas por planta (Figura 12). O número de folhas está diretamente relacionado com o aumento na área foliar e, em consequência, com a produção de fotoassimilados e fluxo de seiva na planta; desta forma, porta-enxertos com maior número de folhas no período da enxertia pode significar maior possibilidade de pegamento do enxerto, já que este depende do fluxo contínuo de seiva no caule, indicando o potencial do TSKFL x CTC25 - 010.

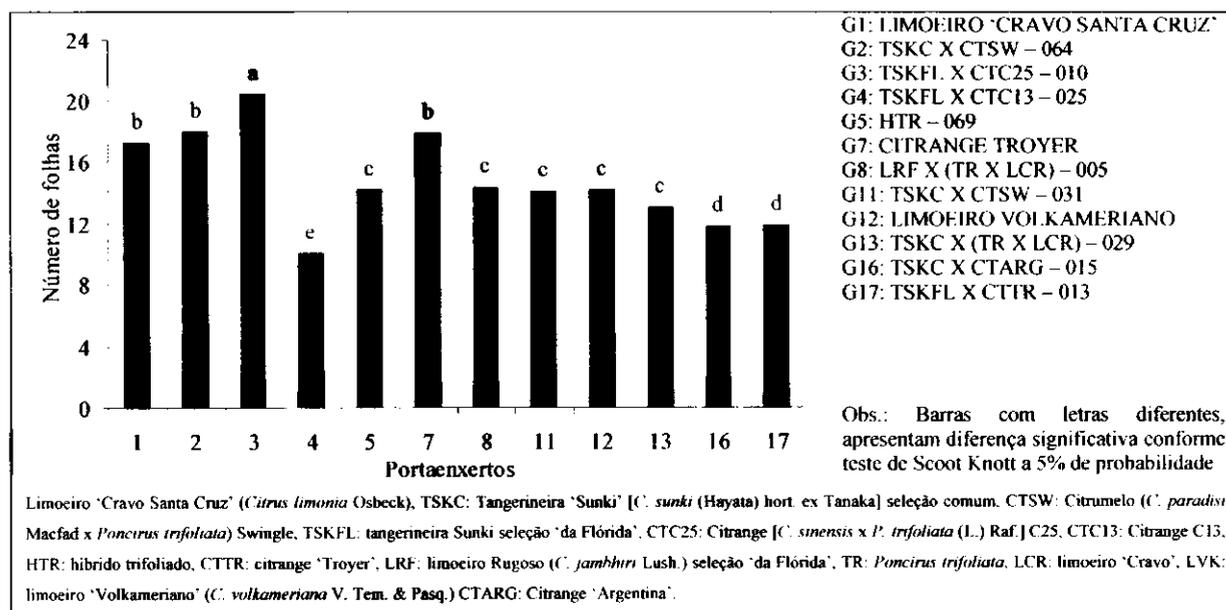


Figura 12: Teste de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para o número de folhas aos 180 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, 2010

Neste trabalho foram obtidas plantas com número de folhas entre 10 e 25, conforme o genótipo, sendo tal variabilidade comum entre materiais genéticos diferentes, a exemplo do que foi registrado por Schimtz (1998), no cultivo do 'Trifoliata' na Estação experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS) em diversos substratos, obtendo valores médios de 14,6 folhas por planta. Soares (2003), estudando o desenvolvimento de três porta-enxertos cítricos sob água salina, verificou, também, diferenças entre eles.

Quando se estuda a evolução do nº de folhas dos porta-enxertos ao longo do tempo (Figura 13), destacando-se maior crescimento diário no genótipo '3' (TSKFL x CTC25 – 010), o que vem ressaltar o seu potencial em crescimento em folhas, já que o material foi superior durante todo o período de formação.

Pode-se constatar, ainda, que o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (G1), o TSKC x CTSW – 064 (G2), HTR – 069 (G5) e o citrange 'Troyer' (G7) tiveram crescimento diário entre 0,09 e 0,11 folha (Figura 13), não muito distante do observado no porta-enxerto 'G3' (TSKFL x CTC25 – 010); contudo, é importante ressaltar que o maior número de folhas foi obtido neste último genótipo. Assim, embora a diferença diária seja pequena, o acúmulo no final do período foi significativo, e isto pode indicar, no processo de aptidão da muda à enxertia, menos tempo e, em consequência, menor custo de produção. Tem-se, dentre os genótipos com menor crescimento diário, o TSKFL x CTC13 – 005 (G4), observando-se, em média, um aumento de 0,046 folha por dia.

Tais afirmações são endossadas pelo estudo da taxa de crescimento relativo (TCR) para o número de folhas, que denota o crescimento da planta em função da produção pré-existente. Assim, nota-se que os porta-enxertos G1, G2, G3 e G7 têm semelhança estatística conforme teste de Scoot Knoot ($p < 0,05$) (Figura 14), participando, ainda, do mesmo grupo de genótipos, os porta-enxertos G16 (TSKC x CTARG – 015) e G17 (TSKC x CTTR – 013), ressaltando-se, nesses materiais, taxas de crescimento entre 0,009 e 0,011 folha folha⁻¹ dia⁻¹, notando-se, ainda, redução linear com aumento da salinidade da água (Figura 15)

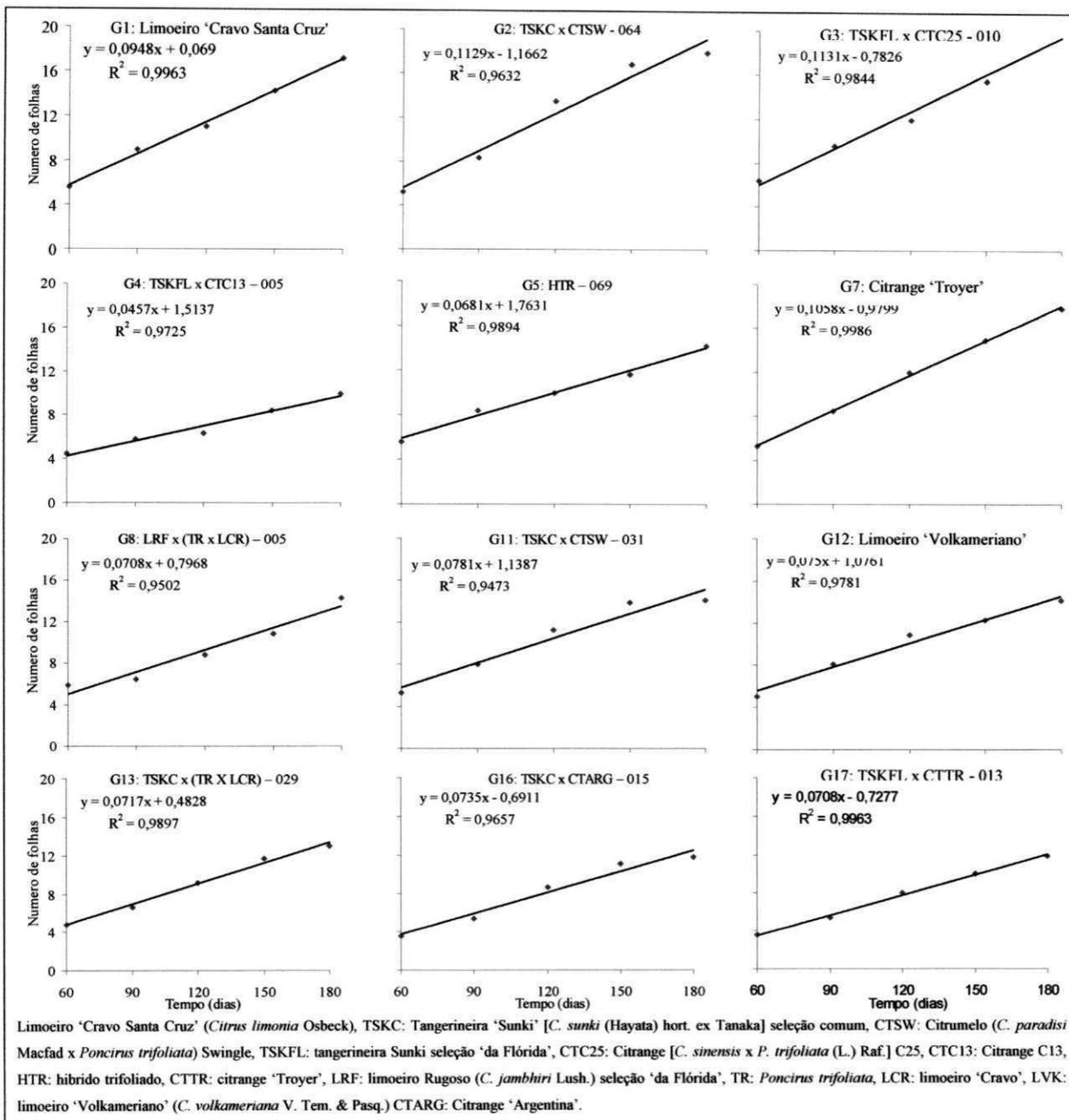


Figura 13: Crescimento médio em número de folhas dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, PB, 2010

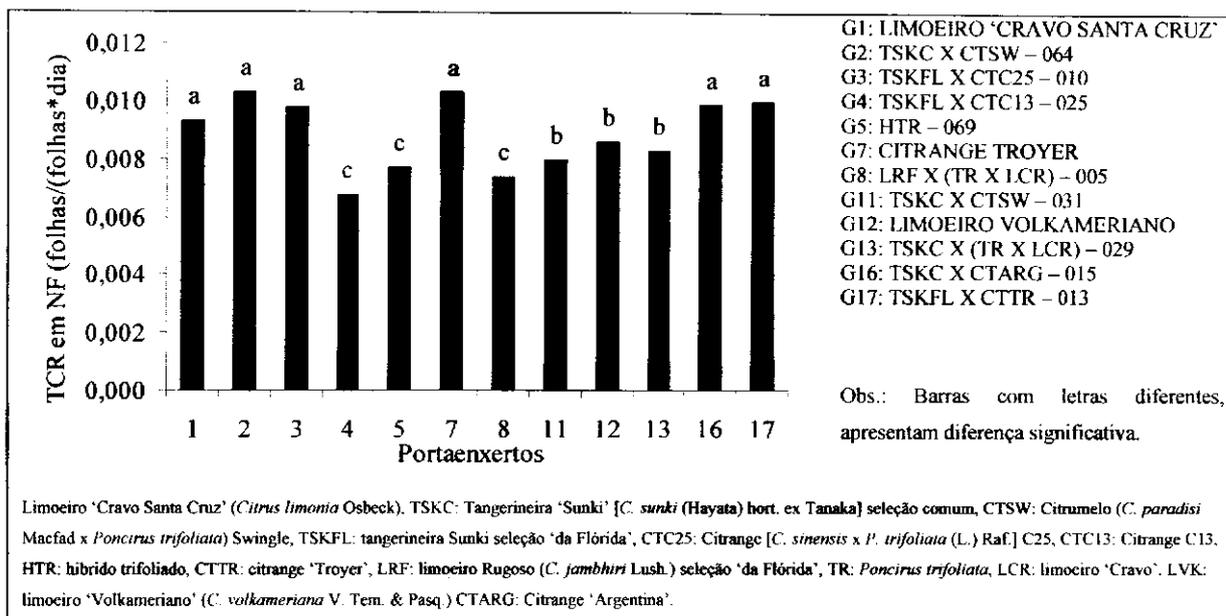


Figura 14: Taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCR em NF) (folhas/(folhas*dia)) do período entre 60 e 180 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.

A salinidade reduziu o número de folhas na ordem de 8,8% aos 180 DAS, com aumento unitário na CE (dS m^{-1}) da água, baseado no menor nível de salinidade (Figura 15A). Levy e Syvertsen (2004) e Singh et al. (2003), citam que o cloreto absorvido se acumula nas folhas de citros, ocasionando abscisão e redução no crescimento, o que pode ter acontecido neste trabalho, ocasionando redução no número de folhas com aumento da salinidade da água.

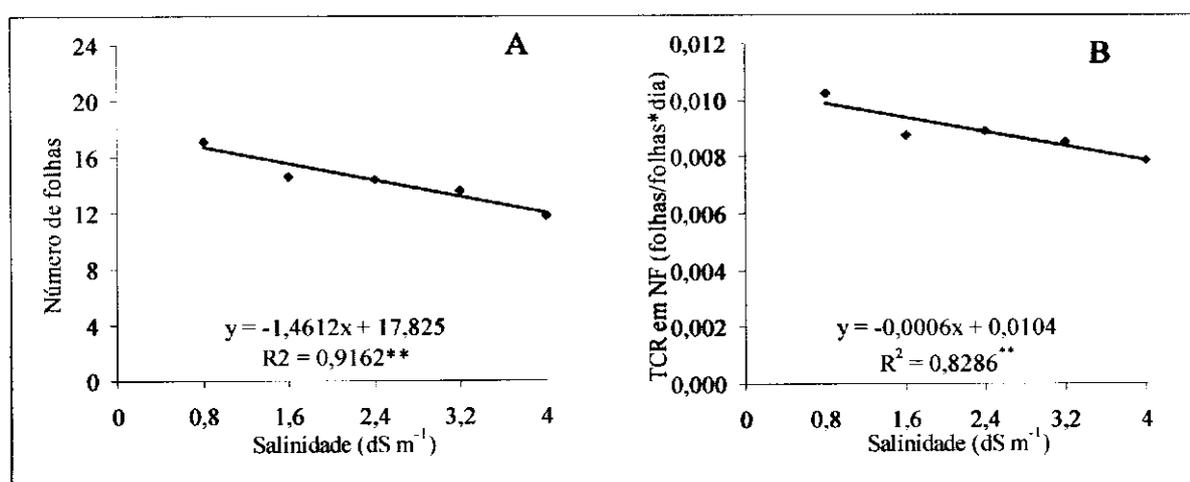


Figura 15: Número de folhas (NF) aos 180 DAS (A) e Taxa de Crescimento Relativo em número de folhas (TCR em NF) (B) das médias dos porta-enxertos em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2010.

Brito (2007), estudando porta-enxertos de citros sob estresse salino até 150 dias após semeadura, observou redução no número de folhas com aumento da salinidade da água, variando com o genótipo porta-enxerto, obtendo uma redução média de 5% com aumento unitário na salinidade da água; podendo-se observar que a redução obtida pelo autor foi inferior à observada neste trabalho; contudo, o período de estresse também foi inferior em 30 dias, já que ele iniciou a aplicação de água salina também aos 60 DAS.

Um fato relevante a se observar, em plantas de citros sob estresse salino, é que a diferença entre número de folhas de plantas irrigadas com águas com diferentes salinidades está relacionada à redução na taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCR em NF), como indicado na Figura 15B, permitindo inferir que o efeito da salinidade estará relacionado à redução no processo de divisão e expansão celular. Pois, a salinidade pode ocasionar redução no potencial hídrico celular, aumento na concentração de íons tóxicos e problemas de ordem nutricional, sendo a ocorrência de anomalias nas folhas um fato comum, assim como notado neste trabalho (Figura 16). Tal observação também é relacionada por Singh (2003), informando que o mais importante efeito da salinidade é a redução no crescimento e ocorrência de injúrias nas folhas.



Figura 16: Sintomas do estresse salino em folhas dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.

O aumento da concentração de sais no substrato, em virtude da aplicação de águas com salinidades maiores, ocasiona redução no número de folhas das plantas de citros. Essa resposta, segundo Ruiz et al. (1999), é atribuída, principalmente, ao efeito osmótico, embora

que em *Citrus macrophylla* o efeito iônico também exerça ação limitadora. Khanna e Kumar (1990) também registraram comportamento desta natureza após irrigação de plantas cítricas com soluções contendo NaCl ou NaCl+Na₂SO₄, mas não quando irrigaram somente com Na₂SO₄. O que vem destacar a importância do efeito de íons específicos, ou de ordem nutricional, já que alguns autores têm destacado o Cl⁻ como maléfico à cultura, fato que pode estar relacionado aos resultados evidenciados neste trabalho.

6.1.1.2 Crescimento em altura de planta

Nota-se, na Tabela 2, diferença entre porta-enxertos em todas as épocas de avaliação. Quanto ao efeito do estresse salino, o início da ocorrência foi aos 120 DAS e, embora tenha ocorrido efeito isolado, não houve interação significativa entre porta-enxertos e níveis de salinidade. Brito et al. (2008) e Brito (2007) estudaram diferentes tratamentos de estresse salino em porta-enxertos de citros e destacaram efeito da salinidade e de genótipos, não notando interação entre esses fatores. Tem-se, na Figura 17, o teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$), para a variável altura de planta, podendo-se notar a distinção de cinco grupos. Dentre os quais se obtiveram maiores médias em G3 (TSKFL x CTC25 – 010) e G7 (citrange ‘Troyer’), constatando-se valores entre 80 e 90 cm de altura. O grupo com menor média foi composto pelo G4 (TSKFL x CTC13 – 005), notando-se altura de 50 cm por planta em média.

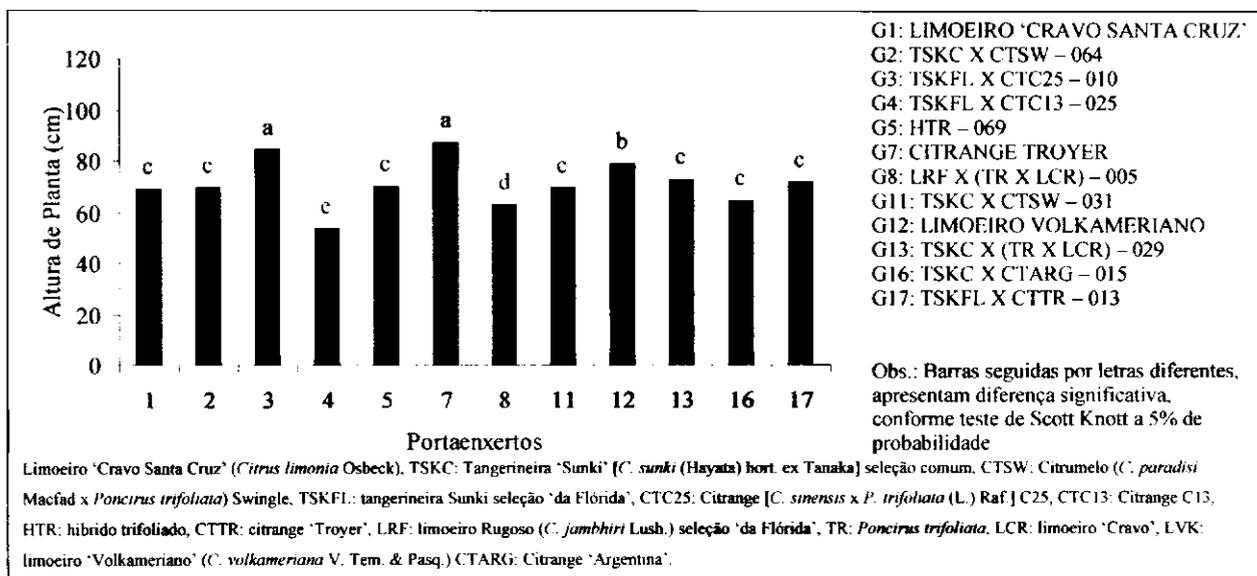


Figura 17: Teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para altura de planta aos 240 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob diferentes níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010

No processo de produção de porta-enxertos de citros, a enxertia é realizada a uma altura entre 10 a 20 cm do colo da planta, quando na altura desejada, o diâmetro está entre 6 a 8 mm. Considerando-se que o porta-enxerto tem formato cônico, ou seja, o maior diâmetro está no colo e há uma redução gradual até o meristema apical, plantas com maior altura tendem a possuir um diâmetro maior de caule, entre 10 e 20 cm de altura, o que pode significar melhoria na viabilidade de enxertia. Outro fato importante, a se relevar na altura de planta, está relacionado ao fluxo de seiva orgânica, de suma importância para garantia de suporte nutricional e hídrico à borbulha, pois em plantas com maior altura, há uma tendência

de se observar maior número de folhas e maior fluxo transpiracional, contribuindo para o pegamento do enxerto.

Estudando-se a evolução da altura, em função do tempo, nota-se comportamento exponencial (Figura 18), ressaltando-se, em geral, crescimento lento até 180 dias, com posterior aumento no crescimento em altura, destacando-se os porta-enxertos G3 (TSKFL x CTC25 - 010), G1 (Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’) e G7 (citrange ‘Troyer’), com aumento diário de 0,52, 0,41 e 0,40 cm, respectivamente.

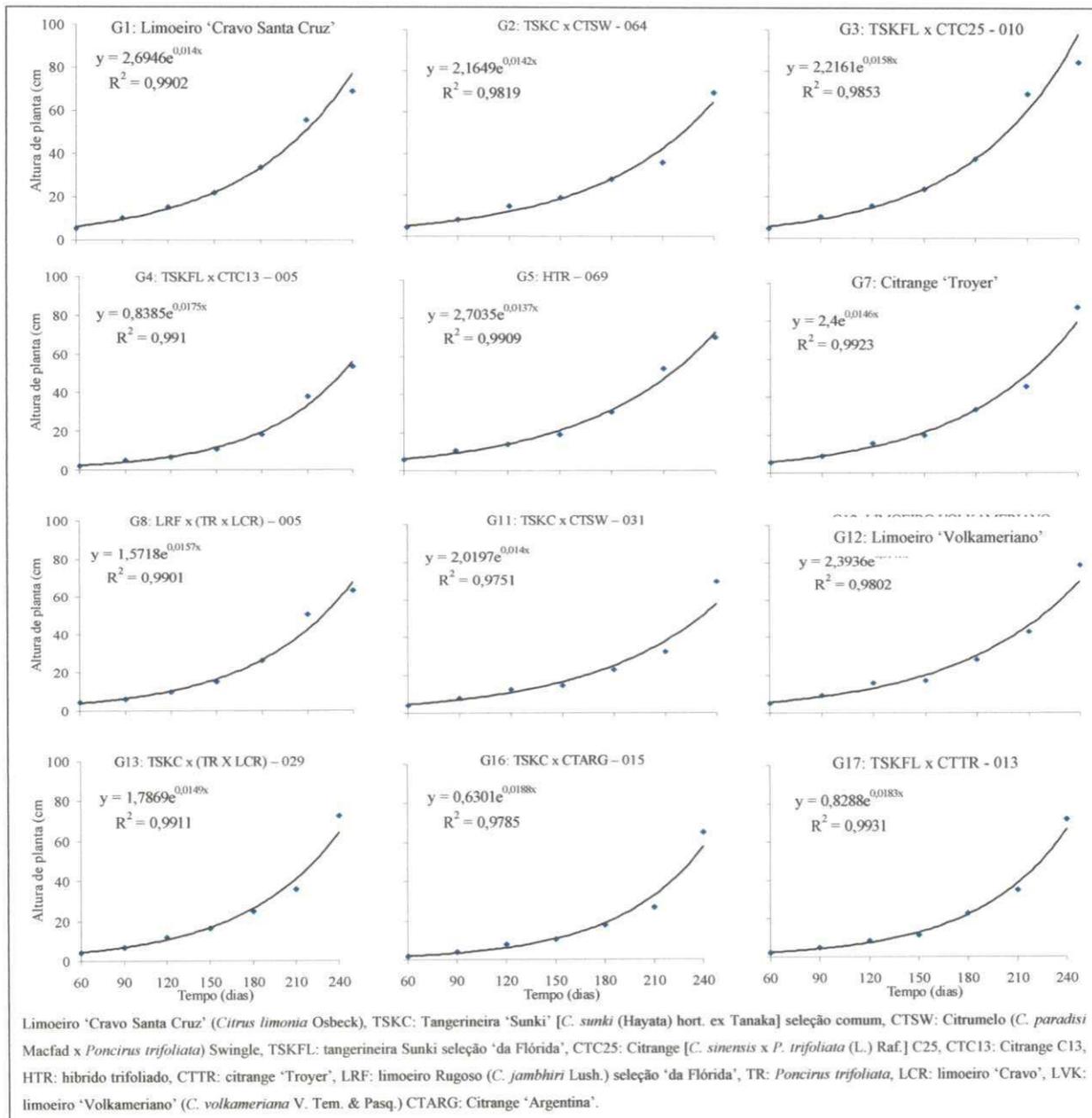


Figura 18: Crescimento médio em altura de planta dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, PB, 2010

Nos porta-enxertos G4 (TSKFL x CTC13 – 005), G16 (TSKC x CTARG – 015) e G17 (TSKC x CTTR – 013) (Figura 18), observou-se os menores crescimentos diários, da ordem de 0,30, 0,31 e 0,36 cm de altura, respectivamente, no período de 60 a 240 dias após a semeadura; no entanto, quando se analisa a taxa de crescimento relativo em altura (Figura 19), notam-se, nestes genótipos, os maiores valores médios, variando entre 0,019 e 0,020 cm cm⁻¹ dia⁻¹; destaca-se que uma maior TCR é um indicativo de melhor eficiência na formação de fotoassimilados pelos tecidos pré-existentes, ou seja, embora estes porta-enxertos apresentassem as menores médias de altura e crescimento diário, a eficiência na formação de novos tecidos pelos tecidos já existentes foi maior; esse fato pode estar relacionado, possivelmente, à velocidade de germinação e maior crescimento até 60 dias após semeadura.

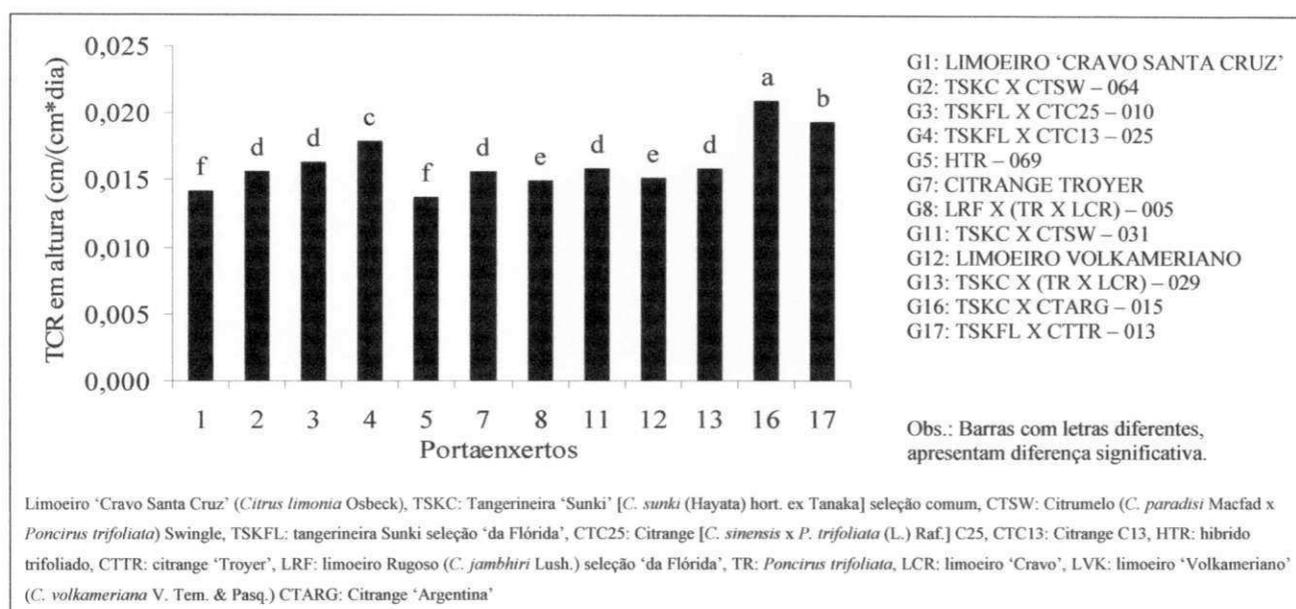


Figura 19: Taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCR ALT) (cm/(cm*dia) do período entre 60 e 240 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010

Soares et al. (2006), estudando o crescimento de três porta-enxertos de citros sob estresse salino, após o transplante de tubetes com 50 mL de capacidade para sacolas plásticas com 5 L, constataram que as plantas cresceram de 28 cm a 76 cm para o citrumelo 'Swingle', 84 para a tangerineira 'Cleópatra' e 108 para o limoeiro 'Cravo', em altura média durante o período de 84 dias, isso evidencia um incremento diário de 0,55, 0,66 e 0,95 cm por dia, valores superiores aos obtidos neste trabalho, devido, possivelmente, ao fato de estar relacionado apenas ao período final da formação do porta-enxerto, fase em que há um crescimento exponencial, como demonstrado pelas equações dispostas na Figura 18. Brito et al (2008) obtiveram, com plantas de citros sob estresse salino durante 90 dias, com início do

estresse aos 60 dias após semeadura, um incremento diário entre 0,12 e 0,2 cm por dia, em altura de planta, valores inferiores aos obtidos neste trabalho, o que pode estar relacionado ao tipo de recipiente usado (tubetes) e, notadamente, ao período de avaliação, já que o mesmo só avaliou até os 150 DAS, enquanto este trabalho se estendeu até os 240 DAS.

Conforme análise de variância (Teste F), disposta na Tabela 2, houve efeito da salinidade prejudicou o crescimento dos genótipos a partir dos 120 dias após semeadura. Porém, dar-se-á ênfase ao efeito da salinidade no último período de avaliação, o qual está disposto na Figura 20.

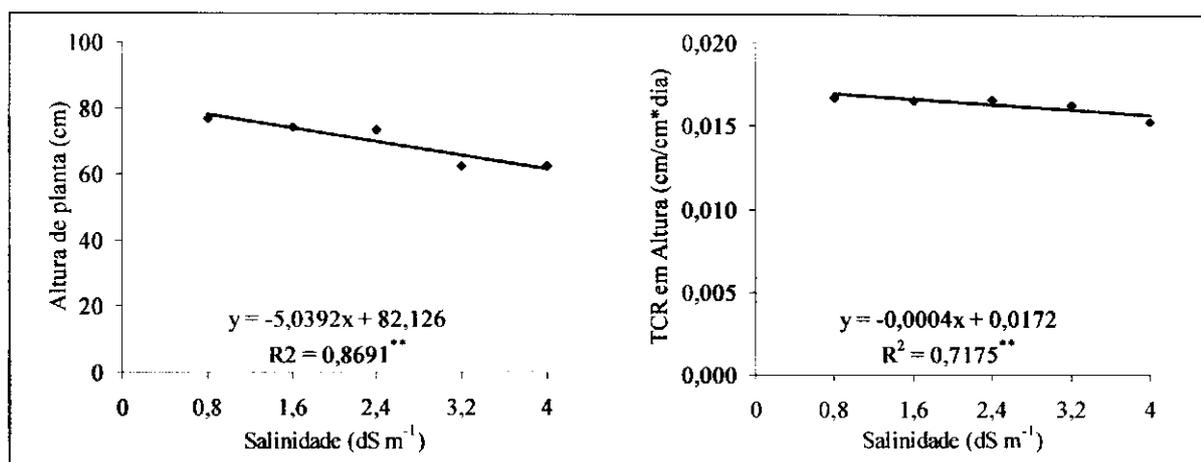


Figura 20: Altura de planta (cm) aos 240 dias após semeadura (DAS) e taxa de crescimento relativo em Altura para o período de 60 a 240 DAS, estudado com as médias dos porta-enxertos em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande, 2010.

N o último período de avaliação (240 DAS), houve redução linear na altura de planta com aumento unitário da CE (dS m⁻¹) da água na ordem de 6,4% (Figura 20). De acordo com Ayers e Westcot (1999), como critério para escolha de uma cultura quanto a tolerância à salinidade, pode ser aceita uma diminuição no rendimento potencial de até 10%, isto é, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%. A despeito da referida taxa de decréscimo registrada para altura de planta, a CEa de 2,36 dS m⁻¹ ainda proporciona, em média, 90% de crescimento em altura de planta, de modo que os porta-enxertos de citros podem ser considerados ‘moderadamente tolerantes’ à condutividade elétrica da água de irrigação, fato que corrobora com os resultados obtidos por Brito (2007), isso, se for considerado que a variável altura de planta pode ser correlacionada com a formação de fitomassa das mudas.

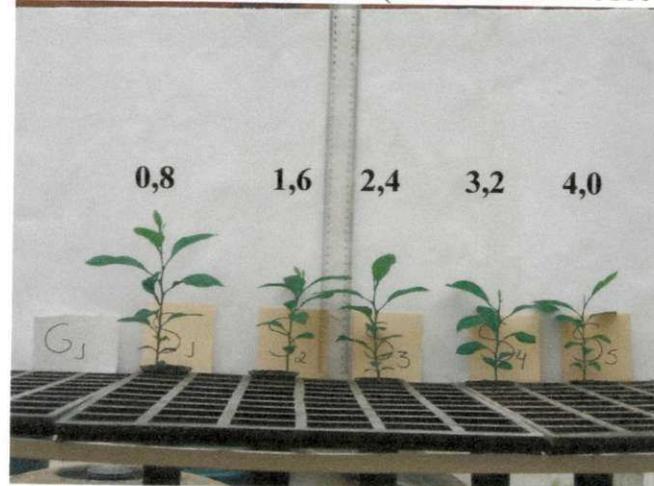
Assim como nos dados de altura de planta, nota-se que a taxa de crescimento relativo em altura foi ligeiramente reduzida pelo aumento da salinidade da água, constatando-se

redução, com aumento unitário na CE (dS m^{-1}) da ordem de 2,4%. Brito (2007) estudando o efeito da salinidade, em genótipos porta-enxertos de citros, destacam redução na TCR para altura entre 4,0 e 8,0%, conforme o genótipo, com aumento unitário na salinidade da água. Observa-se que uma redução menor neste trabalho, quando comparada com o efeito encontrado por Brito (2007), o que pode estar relacionado à seleção anterior de genótipos tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade.

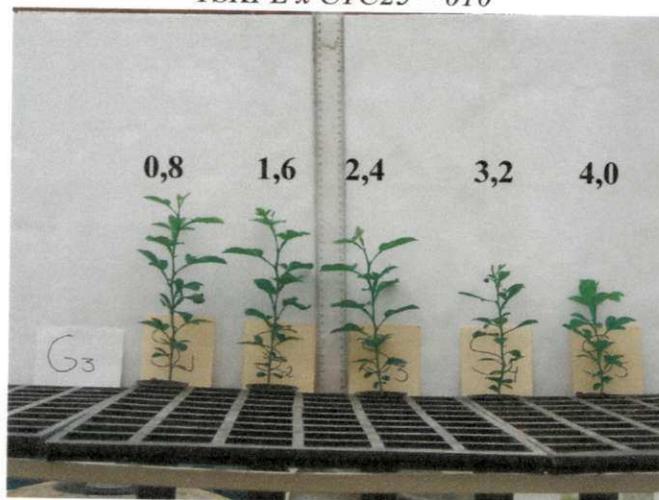
Segundo Lacerda (2000), a habilidade para minimizar o efeito negativo da salinidade depende do genótipo utilizado, destacando-se que a ocorrência de genótipos com baixa redução no crescimento com aumento da salinidade da água de irrigação, indica o seu potencial produtivo sob estresse salino. Neste trabalho, os genótipos porta-enxertos tiveram comportamento semelhante quanto ao decremento em altura de planta, indicando o potencial dos genótipos estudados e a tolerância à salinidade; da mesma forma, Soares et al (2006), estudando águas com diferentes salinidades na cultura do citros, não observaram efeito da salinidade da água. Já outros autores, como Garcia-Legaz et al. (1993), reportam que a altura de plantas enxertadas em laranjeira azeda e *Citrus volkameriana* estão sujeitos a uma maior redução, com aumento da salinidade que aquelas enxertadas em *Citrus macrophylla*. Essa situação corrobora com Lacerda (2000) e confirma que a salinidade reduz o crescimento em altura de porta-enxertos de citros. Outra variável que confirma os efeitos nocivos da salinidade é a TCR, que se reduziu com o aumento da salinidade e, como mencionado por Peixoto et al. (2006), estudando plantas de citros sob estresse hídrico, a TCR é uma estimativa da eficiência da planta em acumular material, indicando tolerância ao estresse.

Para El-Hammady et al. (1995), tratamentos salinos afetam muito o crescimento das plantas em altura, diâmetro de caule e matéria fresca e seca total das plantas, notando que este efeito aumenta com o incremento da salinidade, porém plantas de limoeiro 'Cravo' exibem melhor crescimento, fato confirmado neste trabalho, já que o limoeiro 'Cravo' está entre os genótipos com maiores médias. Tal efeito da salinidade é interessante e perceptível ao longo do tempo, ao se analisar a Figura 21, onde tem-se imagens de alguns dos genótipos de citros mencionados, aos 90 dias após semeadura, ou seja, 30 dias sob estresse salino, notando-se gradiente de altura entre as plantas, com redução desta variável com o aumento da salinidade.

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (Citrus limonia Osbeck)



TSKFL x CTC25 – 010



Híbrido trifoliado (HTR) – 069

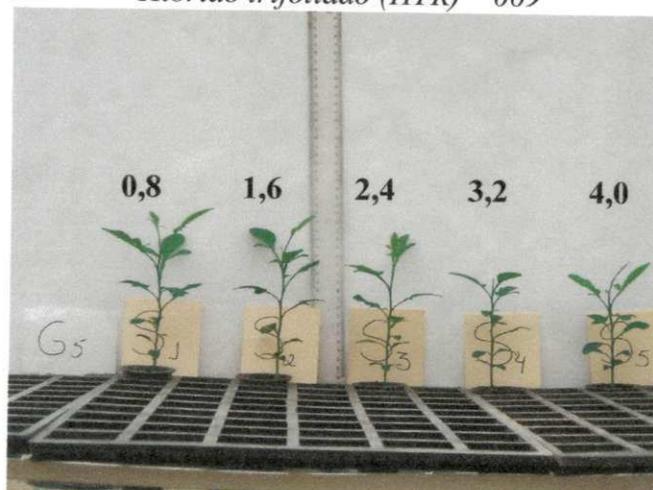


Figura 21: Imagens de genótipos de citros sob diferentes níveis de salinidade da água (dS m^{-1}), aos 90 dias após sementeira. Campina Grande, PB, 2010

6.1.1.3 Crescimento em diâmetro de caule no colo da planta

Observou-se diferença no diâmetro de caule entre porta-enxertos, desde a primeira avaliação (Tabela 2), constatando-se efeito das águas salinas a partir de 120 DAS, não havendo, contudo, significância do efeito combinado entre os dois fatores. Tais fatos evidenciam a diferença, já esperada, entre genótipos, já que os mesmos são frutos de diferentes cruzamentos, todos afetados pela salinidade. Desta forma, dar-se-á ênfase à diferença entre genótipos, considerando-se o teste aglomerativo de Scott-Knott auxiliado pela análise de crescimento diário de cada genótipo durante o período de formação dos porta-enxertos e ao efeito da salinidade nas médias dos genótipos.

Na Figura 22 se tem o teste aglomerativo Scott-Knott ($p < 0,05$), podendo-se observar a formação de cinco grupos de porta-enxertos. As maiores médias foram observadas no genótipo '7' correspondente ao citrange 'Troyer'; com médias pouco menores, tem-se o 'G3' (TSKFL x CTC25 - 010) e o 'G12' (limoeiro 'Volkameriano'), notando-se, para estes três porta-enxertos, médias entre 8 e 9 mm aos 240 dias após a semeadura, o que vem ressaltar sua aptidão a enxertia.

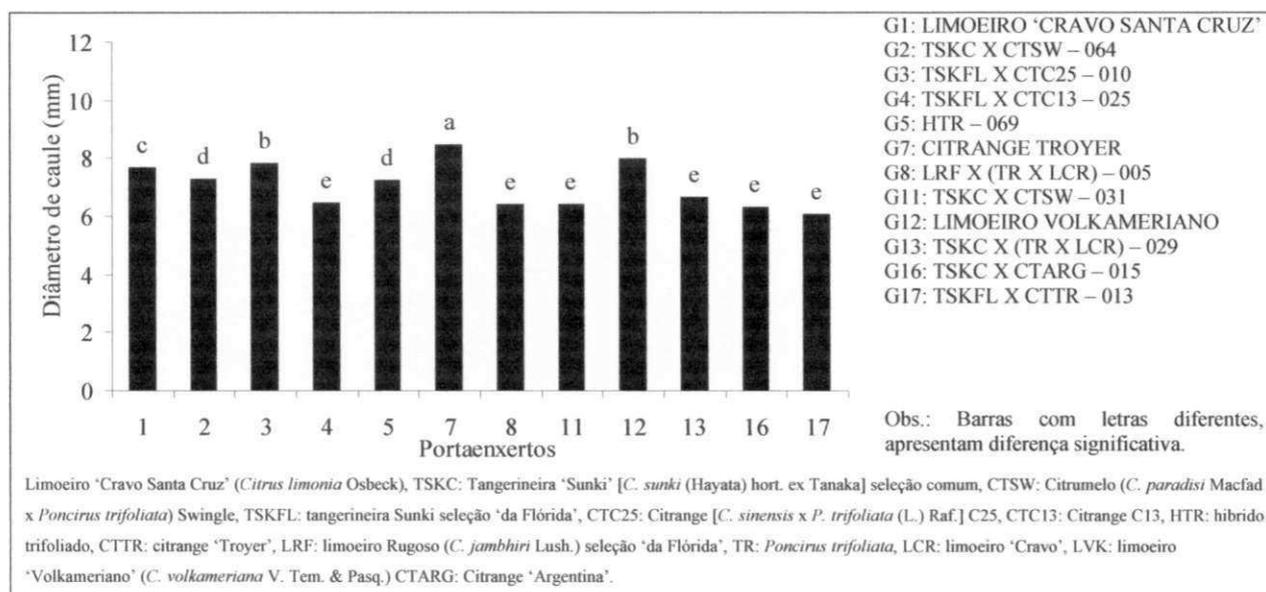


Figura 22: Teste de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para o diâmetro de caule aos 240 dias após semeadura (DAS) em função dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis e salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010

Nota-se que a produção de híbridos de citros pode ser uma alternativa para a formação de mudas sob estresses abióticos, com melhores características agrônômicas, a exemplo do TSKC x CTC25 - 010. Tal afirmação tem feito com que alguns autores estudem porta-enxertos fruto de combinações, a exemplo: Brito et al. (2008) estudaram a

sensibilidade à salinidade de variedades e híbridos trifoliados, destacando alguns porta-enxertos em potencial; Cerqueira et al. (2004) e Peixoto et al. (2006), estudando genótipos de citros sob estresse hídrico, indicam o híbrido trifoliado (HTR – 051) como potencial porta-enxerto no processo de produção de mudas de citros.

Ressalta-se que, no processo de formação de porta-enxertos, se deseja obter o “cavalo” pronto para enxertia mais cedo, representando redução nos custos de produção e rotatividade no processo produtivo. Diante disso, nota-se que porta-enxertos como o citrange ‘Troyer’ (G7), TSKFL x CTC25-010 (G3), limoeiro ‘Volkameriano’ (G12) e limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, têm perspectiva positiva, destacando-se com maiores taxas de crescimento diário (Figura 23).

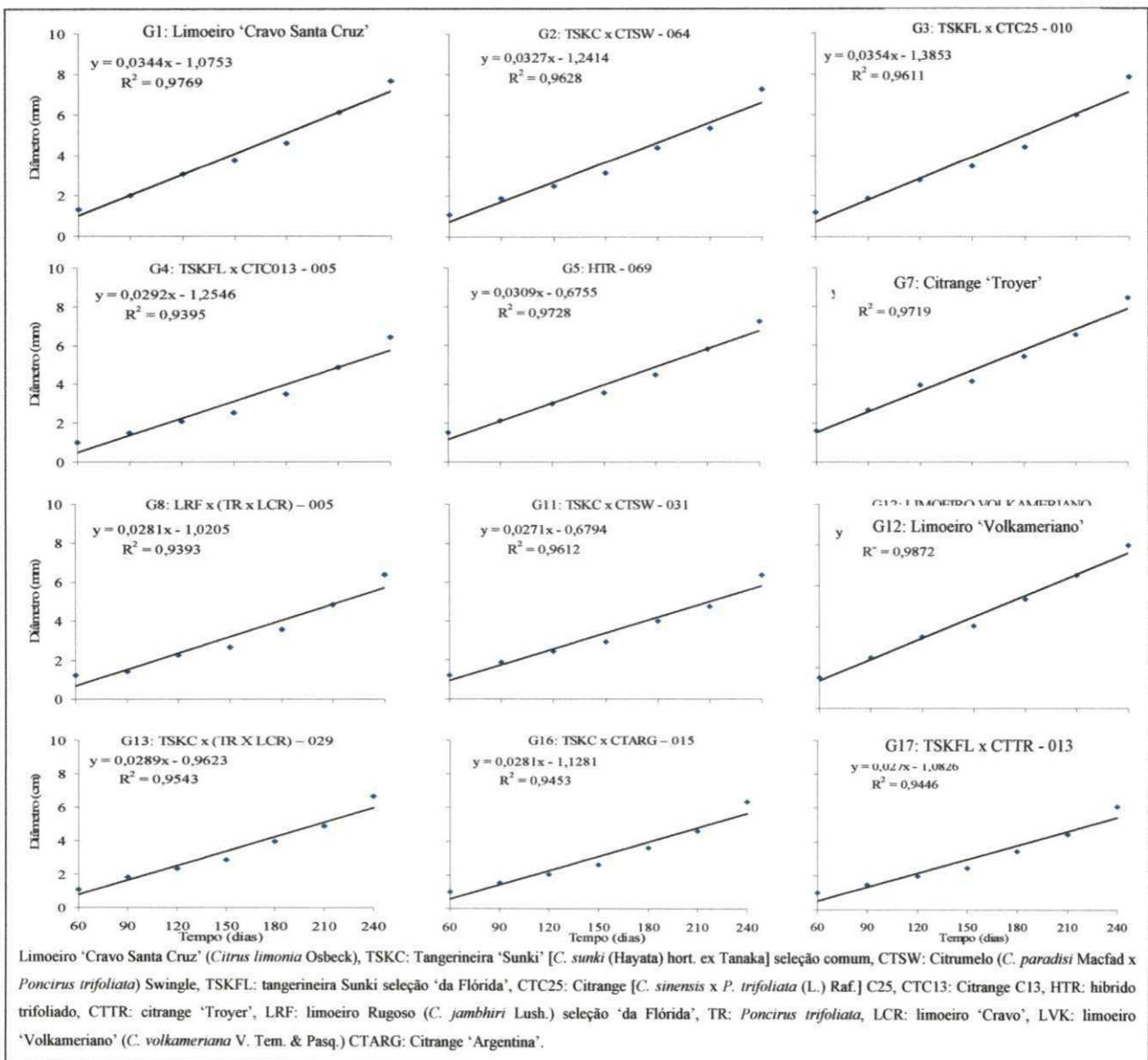


Figura 23: Crescimento médio em diâmetro de caule dos porta-enxertos de citros estudados sob níveis de salinidade da água, em função do tempo. Campina Grande, 2010

Ressalta-se que, ao se estudar a taxa de crescimento relativo em diâmetro (Figura 24), tem-se os genótipos 2, 3 e 4 agrupados com as melhores médias, porém, dentre estes, apenas o G3 está no grupo de melhor destaque em diâmetro, como visto anteriormente (Figura 22). É importante notar que esta variável denota o potencial de formação de novos tecidos, com base nos tecidos pré-existentes; assim, o G3 (TSKFL x CTC25-010), apresenta maior crescimento em diâmetro, possivelmente decorrente de maior eficiência na formação de compostos, fato este importante para o processo de formação de mudas, indicando o potencial desse material para a fase de enxertia.

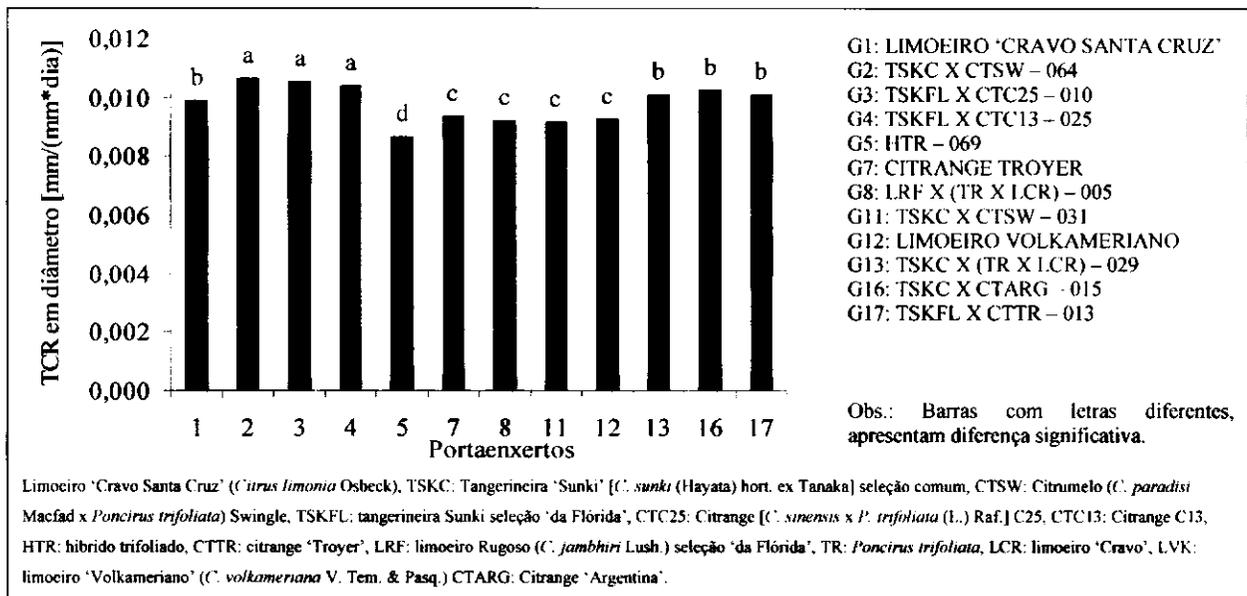


Figura 24: Taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule (TCR em diam) (mm/(mm*dia)) do período entre 60 e 240 DAS para cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010

A taxa de crescimento relativo para o período estudado variou entre os genótipos, de 0,08 a 0,011 [mm/(mm dia)], valores inferiores aos obtidos por Brito et al. (2008) estudando alguns desses genótipos sob estresse salino, já que estes autores observaram valores de TCR para diâmetro entre 0,012 e 0,020 [mm/(mm dia)].

Na Figura 25 se tem a análise de regressão do diâmetro de caule para os porta-enxertos em função da CE (dS m^{-1}) da água, notando-se redução linear com o aumento da salinidade, na ordem de 5,6% no diâmetro, equivalente a 0,4 mm. Segundo Larcher (2006), o estresse é considerado um desvio significativo das condições ótimas para a vida, induzindo mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais, em princípio, podem ser reversíveis, mas podem, também, tornar-se permanentes, tal como identificado neste trabalho, com a redução no crescimento em diâmetro e nas outras variáveis estudadas.

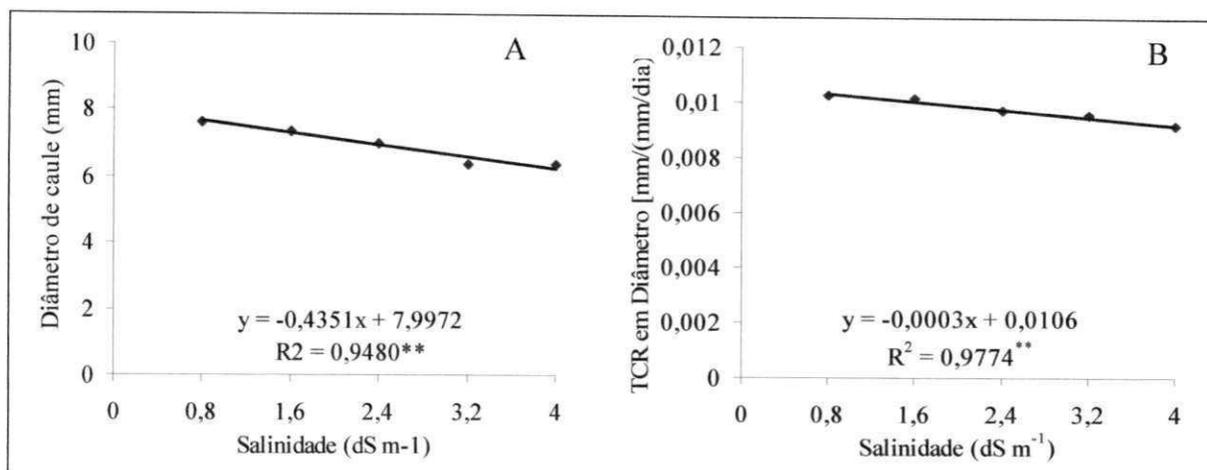


Figura 25: Diâmetro de caule (mm) aos 240 DAS (A), e Taxa da crescimento relativo em diâmetro (TCR em Diâmetro) [mm/(mm*dia)] (B), das médias dos porta-enxertos estudados sob níveis de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.

A redução no diâmetro, observada neste trabalho, pode ser considerada, em termos gerais, baixa; porém, deve-se notar que o crescimento em diâmetro é resultado do crescimento secundário da planta, ocorrendo, inicialmente, a divisão das células do cilindro central, seguida do processo de expansão da célula. Assim, se espera um crescimento menor que o evidenciado no meristema apical. Um fato que pode explicar a redução no crescimento em diâmetro ocasionado pelo aumento da CE (dS m⁻¹) da água está relacionado à fase de expansão celular, onde um dos principais fatores determinantes é o potencial de água, que possibilita à turgescência e o aumento na pressão, “forçando” a parede celular a se expandir. Assim, o aumento da salinidade pode ter possibilitado redução no potencial osmótico e, em consequência, no potencial hídrico da célula, resultando em redução no crescimento.

Outro fato a ser relacionado, é que a salinidade reduziu, linearmente, a taxa de crescimento relativo em diâmetro, notando-se, na média dos genótipos, redução na ordem de 2,8% com aumento unitário da CE (dS m⁻¹) da água, com base no menor nível de salinidade (0,8 dS m⁻¹). Assim, a salinidade reduziu a eficiência dos tecidos em formar novos tecidos, o que é indicada pela TCR. Em estudos feitos por Peixoto et al (2006), foi constatado que a taxa de crescimento relativo é um índice fisiológico que pode ser usado como ferramenta para indicar a potencialidade de porta-enxertos de citros ao estresse hídrico, fato que por ser estendido para o estresse salino, o qual abarca os efeitos ocasionados pelo estresse hídrico além de efeito tóxico e osmótico dos íons.

As observações do efeito da salinidade no crescimento em diâmetro de porta-enxertos de citros têm sido motivo de divergência; a exemplo, Soares et al. (2006), estudando águas

com diferentes salinidades em porta-enxertos de citros durante 66 dias iniciados 20 dias após transplante, que ocorreu aos 180 dias após sementeira, não notaram efeito da salinidade, obtendo média, em diâmetro, entre 6,48 e 6,63 mm. Já Brito et al. (2008), estudando a sensibilidade de variedades e híbridos trifoliados, constataram efeito significativo da salinidade da água no crescimento em diâmetro, aplicando-se água salina a partir dos 60 dias após sementeira e estendendo até 150 dias, registrando redução linear do diâmetro com aumento da salinidade, semelhante ao que aconteceu neste trabalho, com valores de diâmetro entre 7 e 8 mm, superiores aos obtidos por Soares et al. (2006).

A salinidade, em geral, inibe o crescimento da maioria das plantas, ditas glicófitas, que, para Richard (1954), é função do efeito osmótico (redução no potencial hídrico da água no solo), do efeito tóxico de íons específicos e/ou do efeito nutricional. A cultura dos citros Matos Junior et al. (2005), é sensível à salinidade, havendo redução no crescimento e na produção; os autores ressaltam que o efeito da salinidade nas plantas de citros é provocada, principalmente, por cloretos e sulfatos e por outros sais presentes na água de irrigação, usada em áreas situadas em regiões áridas ou próximas ao mar. Nesse sentido, a redução do crescimento das plantas de citros, observada neste trabalho, pode estar relacionada ao efeito de íons específicos, já que as plantas não murcharam, uma vez que a irrigação era feita a cada dois dias; outro fato que pode embasar tal afirmação é a ocorrência de sintomas de queimas nas bordas das folhas, notadamente em plantas submetidas aos maiores níveis de salinidade, devido, provavelmente, à concentração excessiva de cloretos (Figura 26).



Figura 26: Presença de queima nas bordas de folhas de limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), possivelmente, em virtude do aumento da CE (dS m^{-1}) da água. Campina Grande, PB, 2010.

6.1.2 Fitomassa da parte aérea dos porta-enxertos

Conforme análise de variância, pelo teste 'F' (Tabela 3), notam-se diferenças entre os genótipos porta-enxertos, efeito significativo da salinidade da água e interação entre esses dois fatores. Brito et al. (2008), estudando genótipos de citros sob estresse salino, também notaram efeito significativo da salinidade, diferença entre genótipos e efeito da interação na fitomassa seca das plantas, assim como observado neste trabalho. Outros autores também destacaram diferenças entre genótipos porta-enxertos, quando estudaram a fitomassa seca das plantas (Donato et al., 2007; Peixoto et al., 2006; Cerqueira et al 2004).

Tabela 3: Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) de porta-enxertos (PE) sob níveis de salinidade da água (SAL). Campina Grande, PB, 2010.

Fonte de Variação	GL	QM
		FSPA
Sal	4	61,0281 ^{**}
Porta-enxerto (PE)	11	155,0472 ^{**}
Sal x PE	44	5,8728 ^{**}
Bloco	2	4,7824 [*]
CV (%)		9,48
Média		10,71

ns = não significativo; * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste 'F', respectivamente

Como já mencionado, houve interação entre os genótipos e os níveis de salinidade da água de irrigação; desta forma, dar-se-á ênfase ao estudo dos genótipos em cada nível de salinidade (Figura 27), identificando-se os grupos de porta-enxertos com maior formação de fitomassa da parte aérea, e aqueles que se destacaram, posteriormente, com a realização de regressão polinomial (Figura 28).

Estudando-se o agrupamento de genótipos pelo teste Scott-Knott, disposto na Figura 27, nota-se que o porta-enxerto G3 (TSKC x CTC25 – 010) apresentou as melhores médias da FSPA, em todas as salinidades. Tal fato demonstra potencial produtivo do porta-enxerto, indicando que o material pode ser usado sob irrigação, com água de qualidade inferior, sem comprometer as características mínimas que devem ter os porta-enxertos para ser realizada a enxertia. Esta variável foi identificada, por Brito et al. (2008), como potencial para identificação de genótipos tolerantes à salinidade da água de irrigação, sendo, também, representativa das outras variáveis, por apresentar correlações preditivas e altamente significativas.

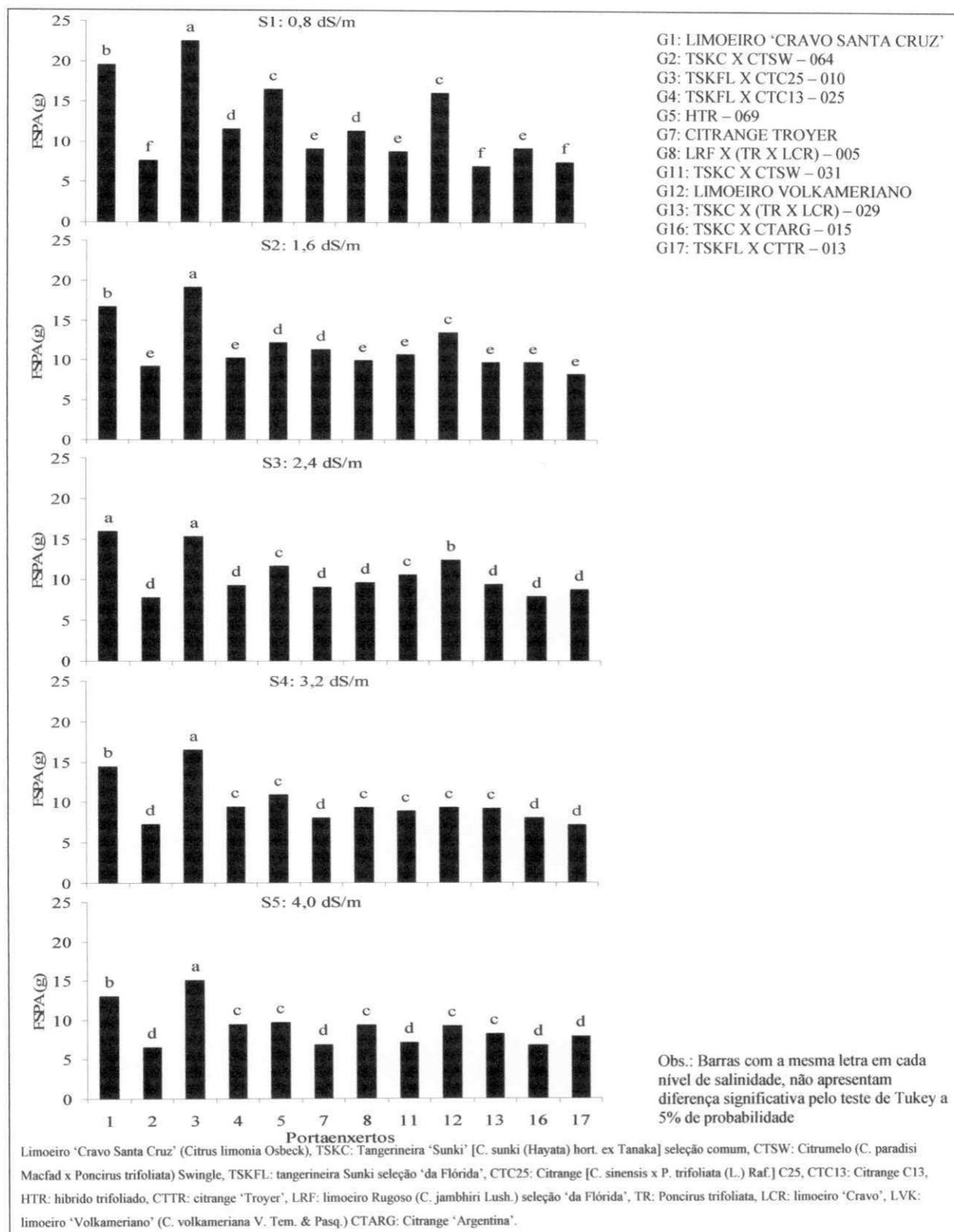


Figura 27: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para a fitomassa da parte aérea (FSPA)(g) em função dos genótipos porta-enxertos (G), estudados em cada nível de salinidade da água. Campina Grande, PB, 2010.

Não obstante a importância, os genótipos G1 (limoeiro ‘Cravo’), G5 (HTR – 069) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) também se situaram em grupos com maiores médias, como observado no teste de Scott-Knott, para cada nível de salinidade da água (Figura 27). Esses genótipos, juntamente com o G3 (TSKFL x CTC25 – 010), foram identificados por Brito (2007) como materiais de maior crescimento e potencial à formação de matéria seca sob condições de estresse salino, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Outro fato relevante é ter sido maior o crescimento em número de folhas, altura de planta e diâmetro de caule nos materiais mencionados. Desta forma, são anspiciosos os resultados obtidos com esses materiais, para a continuação do processo de formação de mudas cítricas, necessitando-se, contudo, da verificação do crescimento e o comportamento desses materiais em outras fases do processo produtivo, como após a enxertia e na produção em campo sob irrigação com água salina.

Os valores de fitomassa da parte aérea das plantas de citros estudadas variaram entre 7 e 23 g por planta na ‘salinidade 1’ ($0,8\text{dS m}^{-1}$) e entre 5 e 16 g no maior nível de salinidade (4dS m^{-1}), notando-se que o aumento da condutividade elétrica da água reduziu a diferença entre porta-enxertos, devido à redução na formação de matéria seca. Esses valores, mesmo no menor nível de salinidade, são maiores que os obtidos por Soares et al. (2006) que, trabalhando com três variedades porta-enxertos sob águas de diferentes salinidades, destacam valores entre 3,49 e 5,84 g por planta, fato que pode estar relacionado às condições de cultivo e dos genótipos porta-enxertos envolvidos, já que neste trabalho se usaram materiais melhorados pelo PMG – Citros, enquanto que Soares et al (2006) usaram variedades tradicionais. Tal afirmação tem, por base, que o melhoramento genético e a hibridação tendem a aumentar o potencial produtivo das plantas, possibilitando que genes recessivos se expressem e conduzam a planta a uma maior eficiência e crescimento (Borem, 1998).

Nos porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo’), G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G5 (HTR – 069) e G12 (Limoeiro ‘Volkameriano’), que foram destaques nos grupos de genótipos com maior crescimento, em todos os níveis de salinidade da água (teste de Scott-Knott), observam-se reduções lineares, com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água (Figura 28) na ordem de 10,11, 10,33, 12,29 e 14,32%, respectivamente, com base no menor nível de salinidade da água.

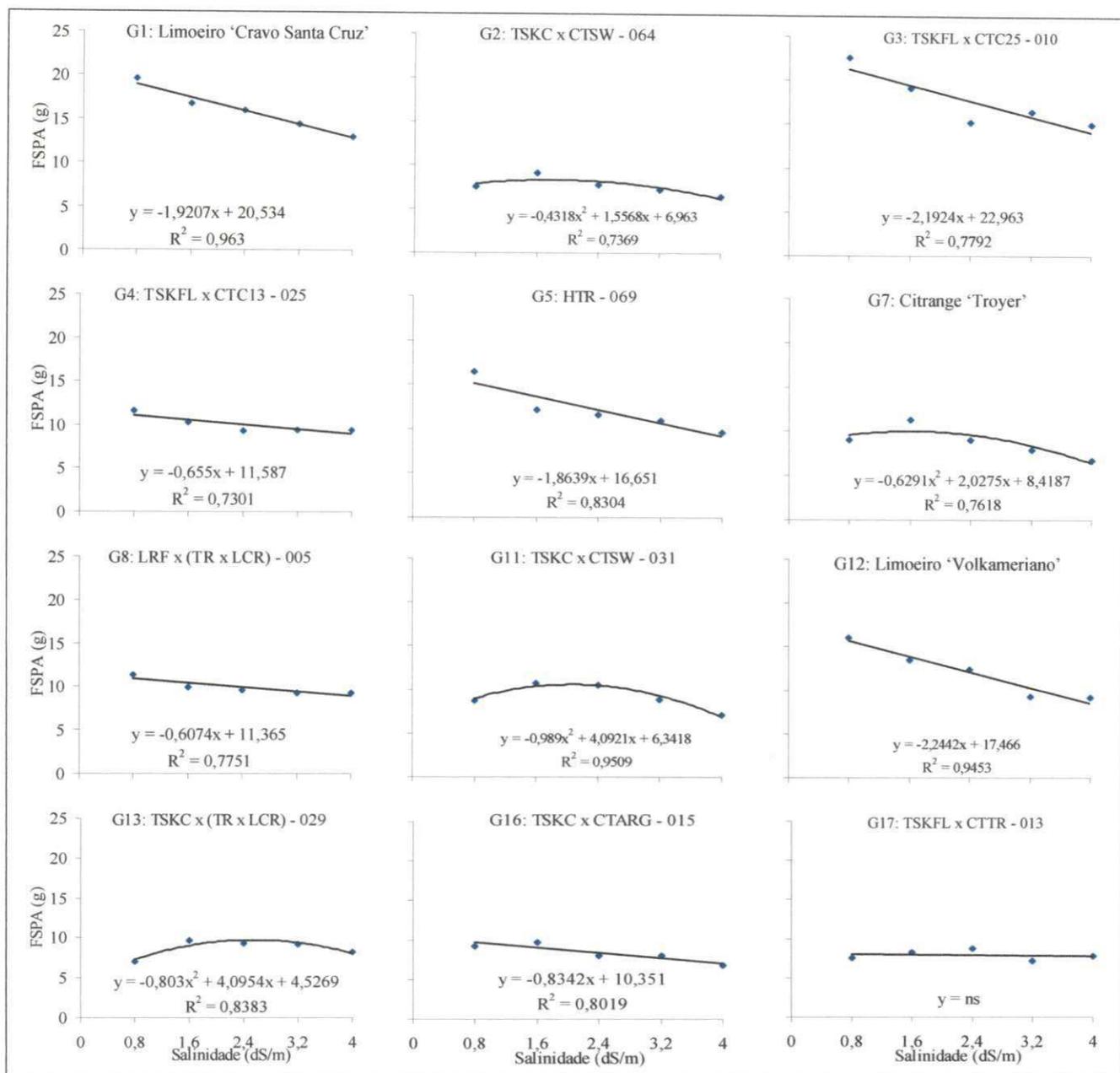


Figura 28: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na fitomassa da parte aérea (FSPA) (g) aos 240 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros. Campina Grande, 2010

Observou-se que os genótipos G4 (TSKFL x CTC13 – 025) e G8 [LRF x (TR x LCR) – 005], mesmo não fazendo parte dos grupos de maiores médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) (Figura 27), tiveram baixa redução no crescimento, com reduções de 5,92 e 5,58% na formação de fitomassa com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água, respectivamente, com base no menor nível da água. Tal fato foi, também, observado com maior intensidade no porta-enxerto G17 (TSKFL x CTTR – 013), já que neste genótipo não houve efeito significativo da salinidade. Conforme Ayers e Westcot (1999), plantas, sob

estresse salino, com redução no crescimento inferior a 10% podem ser escolhidas para serem cultivadas sob tais condições. Desta forma, mesmo com menor crescimento, os genótipos 4, 8 e 17 são mais indicados para compor sistemas de melhoramento genético de citros, em virtude da menor redução no crescimento, notadamente, se o objetivo é obter plantas mais tolerantes à salinidade. Embora esses genótipos tenham maior eficiência quanto a tolerância à salinidade, é importante notar que o processo de enxertia depende da muda com altura e diâmetro adequado, e quanto mais rápido isto for obtido, menor será o custo final para o produtor.

Nos porta-enxertos G2 (TSKC x CTSW – 064), G7 (citrange ‘Troyer’), G11 (TSKC x CTSW – 031) e o G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] notou-se comportamento quadrático com aumento da salinidade da água, registrando-se maior formação de fitomassa com os níveis de condutividade elétrica da água de 1,80, 1,60, 2,07 e 2,55 dS m⁻¹, respectivamente, a partir destes níveis, os genótipos sofreram redução de 24,91, 35,70, 34,88 e 17,32% quando comparados estes níveis com o de maior pressão em salinidade (4 dS m⁻¹). As referidas reduções são expressivas por compararem a fitomassa obtida no maior nível de salinidade com a máxima estimada, porém, quando se estuda a redução por aumento unitário da CE da água (dS m⁻¹), tomando por base o nível de salinidade através do qual se obtiveram os maiores valores de fitomassa, nota-se que a redução ficou entre 11 e 18%, podendo essas plantas, conforme designação de classificação proposta por Fageria e Gheyi (1997), serem admitidas como moderadamente tolerantes a salinidade. Contextualizando tais informações com o fato da maior parte das águas disponíveis no semiárido brasileiro ter CE de até 2 dS m⁻¹ (Audry e Suassuna, 1995), pode-se afirmar que esses genótipos têm potencial para serem utilizados como porta-enxertos, em cuja formação podem ser usadas águas com esses níveis de CE; entretanto, a indicação destes genótipos deve estar aliada a estudos na fase de enxertia, formação da muda palito e à produção em campo.

6.1.3. Crescimento das combinações copa/porta-enxerto

O estudo do crescimento da combinação copa/porta-enxerto, foi realizado aos 60 dias após a enxertia (DAE) e aos 90 DAE, sendo a enxertia realizada aos 240 dias após a semeadura (DAS); desta forma, ela são correspondentes a 300 e 330 DAS ou 240 e 270 dias de estresse salino, respectivamente. Para se verificar a diferença entre genótipos e o efeito da salinidade, estudou-se o diâmetro da combinação no colo do porta-enxerto (diâmetro de porta-enxerto), o diâmetro no ponto de enxertia (diâmetro na enxertia), o diâmetro de copa medido a 5 cm acima do ponto de enxertia (diâmetro de copa), a altura de copa medida a partir do ponto de enxertia e o número de folhas da copa. Além dessas variáveis de crescimento, foi avaliada a formação de matéria seca da planta, em seus vários segmentos, obtendo-se, ainda, o índice de sobrevivência das combinações copa/porta-enxerto, podendo-se selecionar as mudas para ransplante em campo.

6.1.3.1 Crescimento em diâmetro

O crescimento em diâmetro compreendeu o estudo de diâmetro de caule no colo do porta-enxerto (Diâmetro de porta-enxerto), diâmetro de caule medido no ponto de enxertia (diâmetro na enxertia) e diâmetro de caule da copa medido cinco centímetros acima do ponto de enxertia (diâmetro de copa), notando-se, na Tabela 4, efeito isolado da salinidade e diferença entre porta-enxertos em todas as variáveis estudadas; diferença entre copas só foi observada no diâmetro na enxertia. Ressalta-se interação significativa entre salinidade e porta-enxerto (SAL x PE) em todas as variáveis; contudo, também, efeito da interação dupla entre Sal e Copa no diâmetro na enxertia. A interação entre Sal, porta-enxerto e copa só foi notada no diâmetro de copa.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro de porta-enxerto, diâmetro na enxertia e diâmetro de copa, para porta-enxertos (PE) e variedades copa (Copa) sob água salina (SAL) aos 60 e 90 dias após enxertia (DAE). Campina Grande, PB, 2010

Fonte de variação	GL	QM				
		Diâmetro de porta-enxerto		Diâmetro na enxertia		Diâmetro de copa
		60DAE	90DAE	60DAE	90DAE	90DAE
Sal	4	5,4274**	15,9937**	8,7420**	22,6320**	17,2915**
Porta-enxerto (PE)	11	13,7981**	12,7704**	8,6069**	14,3039**	15,0413**
Copa	1	0,0190 ^{ns}	0,9215 ^{ns}	0,3575 ^{ns}	1,8075*	0,0625 ^{ns}
Sal x PE	44	0,7788**	0,5856**	0,4877**	0,8652**	2,0687**
Sal x Copa	4	0,1659 ^{ns}	0,1790 ^{ns}	0,0701 ^{ns}	1,2046**	0,4824 ^{ns}
PE x Copa	11	0,2459 ^{ns}	0,2395 ^{ns}	0,1660 ^{ns}	0,4485 ^{ns}	0,9284**
PE x Copa x Sal	44	0,1843 ^{ns}	0,2740 ^{ns}	0,2077 ^{ns}	0,2381 ^{ns}	0,3337*
Bloco	2	2,9637**	2,6630**	0,7713**	0,7042 ^{ns}	0,0449 ^{ns}
CV (%)		7,12	6,73	8,27	8,84	17,40
Média		8,52	8,63	6,22	6,60	2,76

^{ns} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

a) Diâmetro de porta-enxerto

Como mencionado, nesta variável se notou efeito combinado de porta-enxerto e salinidade da água; avaliou-se o comportamento dos genótipos em cada nível de salinidade, identificando-se, através do teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), aqueles com maiores médias, aos 90 dias após a enxertia. Estes genótipos serão destacados quanto ao comportamento com aumento da salinidade da água.

O diâmetro do porta-enxerto após a enxertia é um indicativo da adaptação da variedade copa ao porta-enxerto, destacando-se, 30 dias após a enxertia, no grupo com maiores médias, em todas as salinidades, o genótipo G3 (TSKC x CTC25 – 010), com médias variando entre 10,4 mm, no menor nível de salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$), e 9,2 mm, no maior nível de salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 29). Ressalta-se, porém, que o fato do material ter apresentado a maior média não significa que a copa se adaptou melhor a ele, pois, quando se comparam os dados obtidos na última avaliação antes da enxertia, notam-se valores próximos a 8 mm, significando uma evolução em 2 mm no diâmetro do porta-enxerto, fato visto com bons olhos, porém quando comparamos ao menor nível de salinidade, a evolução é de 1,2 mm, o que permite destacar que a salinidade pode reduzir a adaptação da variedade copa ao porta-enxerto.

Outros genótipos também merecem destaque, embora não se enquadrem no grupo com maiores médias em todos os níveis de salinidade, são eles: G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G5 (HTR – 069), G7 (citrange ‘Troyer’) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’). Esses porta-enxertos foram agrupados, conforme nível de salinidade, no primeiro, ou segundo grupo com melhores médias, observando-se valores de diâmetro entre 8,0 e 10,5 mm, dependendo do genótipo e do nível de salinidade.

Como antes referido, o aumento no diâmetro do porta-enxerto, após a enxertia, pode ser um indicativo da adaptação da copa ao “cavalo”; nessa relação, o porta-enxerto terá a função de fornecer a sustentação e o aporte de água e nutrientes absorvidos do solo, enquanto a copa promoverá a formação de compostos orgânicos que serão translocados para todos os órgãos, inclusive às raízes. Notou-se maior adaptação no limoeiro Cravo, mesmo sob aumento do nível de salinidade da água, pois os valores médios obtidos variaram entre 9,6 mm no menor nível de salinidade e 8,5 mm no maior nível, enquanto que, na última avaliação antes da enxertia, se obtiveram 7,8 mm de diâmetro.

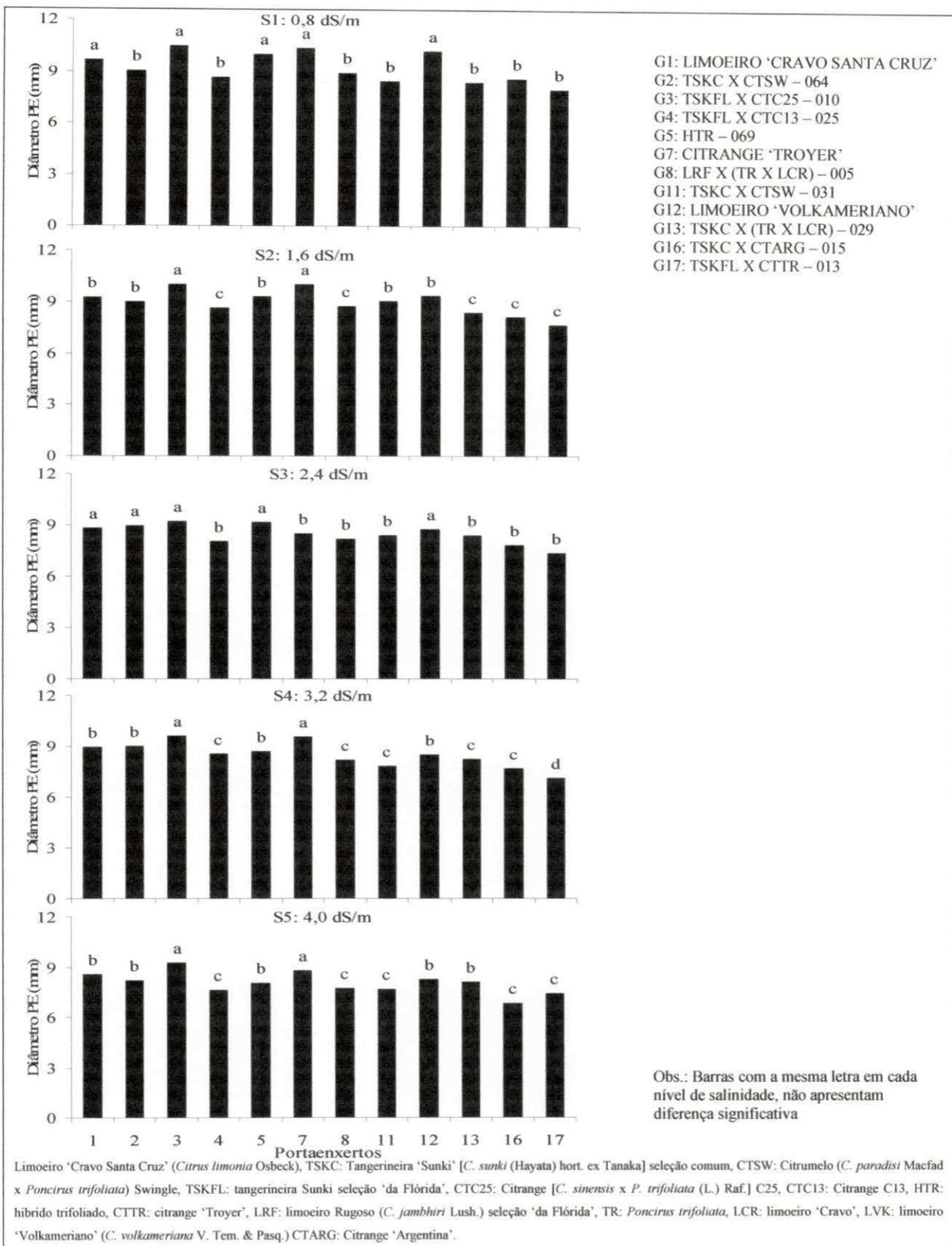


Figura 29: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para diâmetro de porta-enxertos em função dos genótipos porta-enxertos (G), estudado em cada nível de salinidade da água aos 90 dias após a enxertia (330 DAS). Campina Grande, 2010

Estudando-se o efeito da salinidade sobre o diâmetro dos genótipos porta-enxerto, por meio de análise de regressão (Figura 30), verificou-se decréscimo linear na maioria destes, havendo, apenas, comportamento quadrático nos porta-enxertos G4 (TSKFL x CTC13 – 25) e G11 (TSKC x CTSW – 031) em função do aumento da salinidade da água.

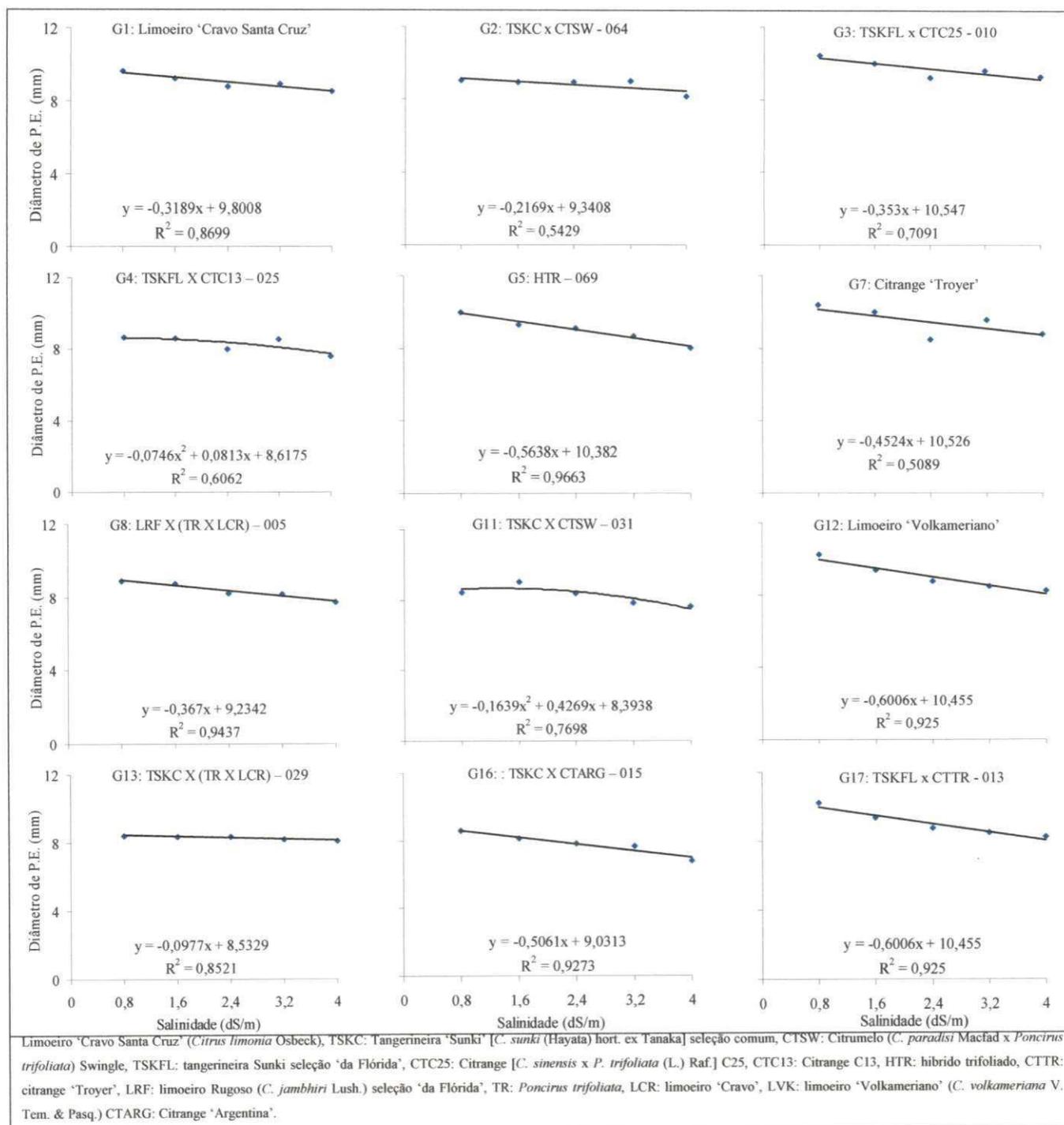


Figura 30: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) no diâmetro de porta-enxerto (PE) (mm) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado. Campina Grande, PB, 2010.

Nos genótipos G1 (limoeiro 'Cravo Santa Cruz'), G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G5 (HTR – 069), G7 (citrange 'Troyer') e G12 (limoeiro 'Volkameriano'), os quais se destacaram nos grupos com as melhores médias, conforme teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) (Figura 29), nota-se comportamento linear decrescente com decréscimo de 3,3, 3,4, 5,7, 4,4 e 6,0%, respectivamente, no diâmetro de caule, por aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água em relação ao menor nível de salinidade (Figura 30).

Embora se tenham observado maiores médias nesses genótipos, a menor redução (1,1%), com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água, foi constatada no porta-enxerto G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029].

Contudo, se esta variável fosse tomada como critério de seleção de genótipos, quanto a tolerância à salinidade, pode-se dizer que todos são tolerantes ao estresse salino, pois o critério adotado por Fageria e Gheyi (1997), ao se comparar o rendimento relativo de um material (genótipo) sob condições de estresse salino com o mesmo material sem estresse, e a diferença for menor que 20%, tal material é considerado como tolerante. Tomar por base a variável diâmetro de caule no porta-enxerto não seria adequado, por serem mais relevantes variáveis obtidas de avaliações das variedades copa.

Nos genótipos G4 (TSKFL x CTC13 – 005) e G11 (TSKC x CTSW – 031) o efeito foi quadrático, com aumento da salinidade da água, verificando-se, com a aplicação de 0,54 e 1,30 dS m^{-1} , os máximos valores estimados de diâmetro do porta-enxerto, equivalentes a 8,63 e 8,67 mm, respectivamente. Comparando-se esses valores com os estimados no maior nível de salinidade da água (4,0 dS m^{-1}), observa-se uma redução de 10,5 e 13,8% no diâmetro, valores também considerados baixos, sendo um indicativo de tolerância desses porta-enxertos ao estresse salino, como mencionado em Brito (2007).

De maneira geral, estudar o crescimento, em diâmetro, dos porta-enxertos de citros pode contribuir para a escolha do material mais promissor para a produção em campo, ressaltando-se que, embora a salinidade da água tenha inibido o crescimento dos genótipos, foi possível se identificar materiais genéticos com menores reduções, considerando, também, o crescimento da copa. Singh et al. (2003) e Adnan (2004) destacam a importância de estudos com grupos de porta-enxertos de citros, envolvendo variáveis diversas para realização segura do processo de seleção de materiais.

b) Diâmetro de caule na enxertia

O diâmetro de caule na enxertia é um indicador da compatibilidade entre porta-enxerto e copa, pois um diâmetro na enxertia muito maior ou menor, que o diâmetro de caule medido na copa, pode indicar a formação da “pata de elefante”, fato que pode estar relacionado a um fluxo maior de seiva proveniente do porta-enxerto, caso sem muitos problemas, ou de maior fluxo de seiva proveniente da variedade copa. Nesta situação, em caso de pomares experimentais, recomenda-se o uso da “subenxertia”, visto que a demanda de água e nutriente da copa é superior à fornecida pela variedade porta-enxerto (Mattos Junior et al., 2005).

Estudando-se esta variável, aos 90 dias após a enxertia (Tabela 4), nota-se diferença entre porta-enxertos, efeito isolado da salinidade da água de irrigação, e diferença entre as variedades copa, ressaltando-se, ainda, interação entre salinidade e porta-enxerto, bem como entre salinidade e copa. Contudo, não houve efeito da interação tripla (Salinidade x Porta-enxerto x Copa). Por isso, realizou-se a comparação entre grupos de genótipos porta-enxerto em cada nível de salinidade, usando-se o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), com posterior análise dos genótipos em destaque, em função da salinidade da água, por meio de análise de regressão polinomial; deu-se ênfase, também, à análise de regressão polinomial das variedades copa, em função da salinidade da água.

Nos porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’), notaram-se os maiores diâmetros na enxertia em todos os níveis de salinidade da água, destacando-se valores entre 7 mm no maior nível de salinidade da água (4 dS m^{-1}) e 10 mm no menor nível de salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 31). Comparando-se esses valores com os obtidos, no mesmo período de avaliação, para diâmetro de caule, foram menores os de diâmetro na enxertia, o que indica, possivelmente, ausência da incompatibilidade de tecidos entre variedades copa e porta-enxertos em destaque.

Os porta-enxerto G7 (citrange ‘Troyer’) e G5 (HTR – 069) também merecem destaque, por se situarem entre os melhores genótipos em alguns níveis de salinidade da água. Nesses genótipos, o diâmetro na enxertia variou entre 6,0 mm no maior nível de salinidade da água ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) e 7,5 mm em S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e, como observado nos outros genótipos, as médias obtidas nesta variável para esses genótipos são inferiores às obtidas na variável diâmetro de caule, indicando a compatibilidade entre porta-enxertos e copa.

Entretanto, é oportuno ressaltar que a incompatibilidade é um fenômeno que pode se expressar no tempo, sendo importante avaliá-la durante o crescimento das mudas em campo.

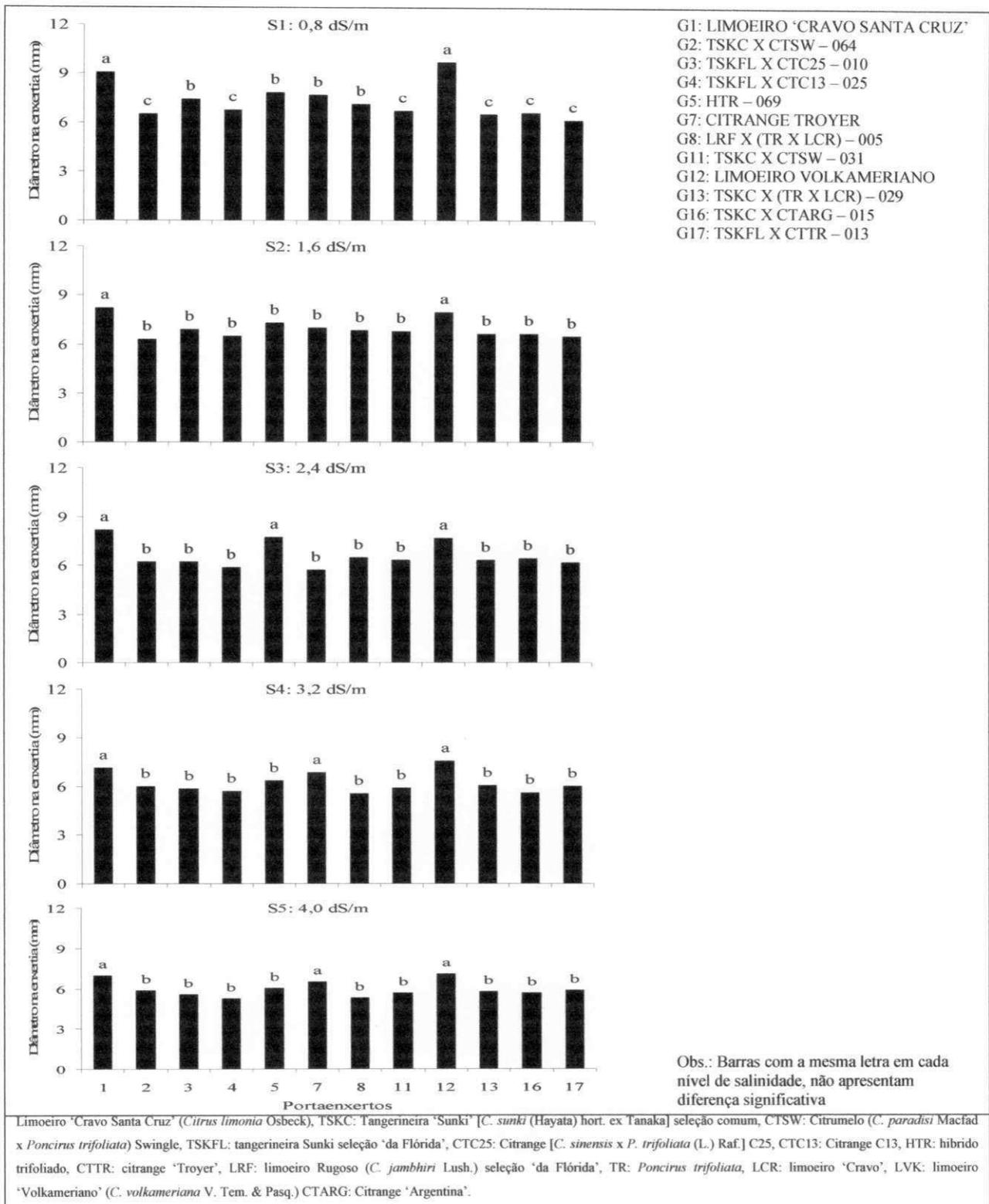


Figura 31: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para diâmetro de porta-enxertos em função dos genótipos porta-enxertos (G), em cada nível de salinidade da água aos 90 dias após enxertia. Campina Grande, 2010

A salinidade reduziu linearmente o crescimento em diâmetro dos porta-enxertos de citros, medido na altura de enxertia, com exceção do G17 (TSKC x CTTR – 013), no qual foi observado o comportamento quadrático nesta variável com aumento da salinidade da água (Figura 32).

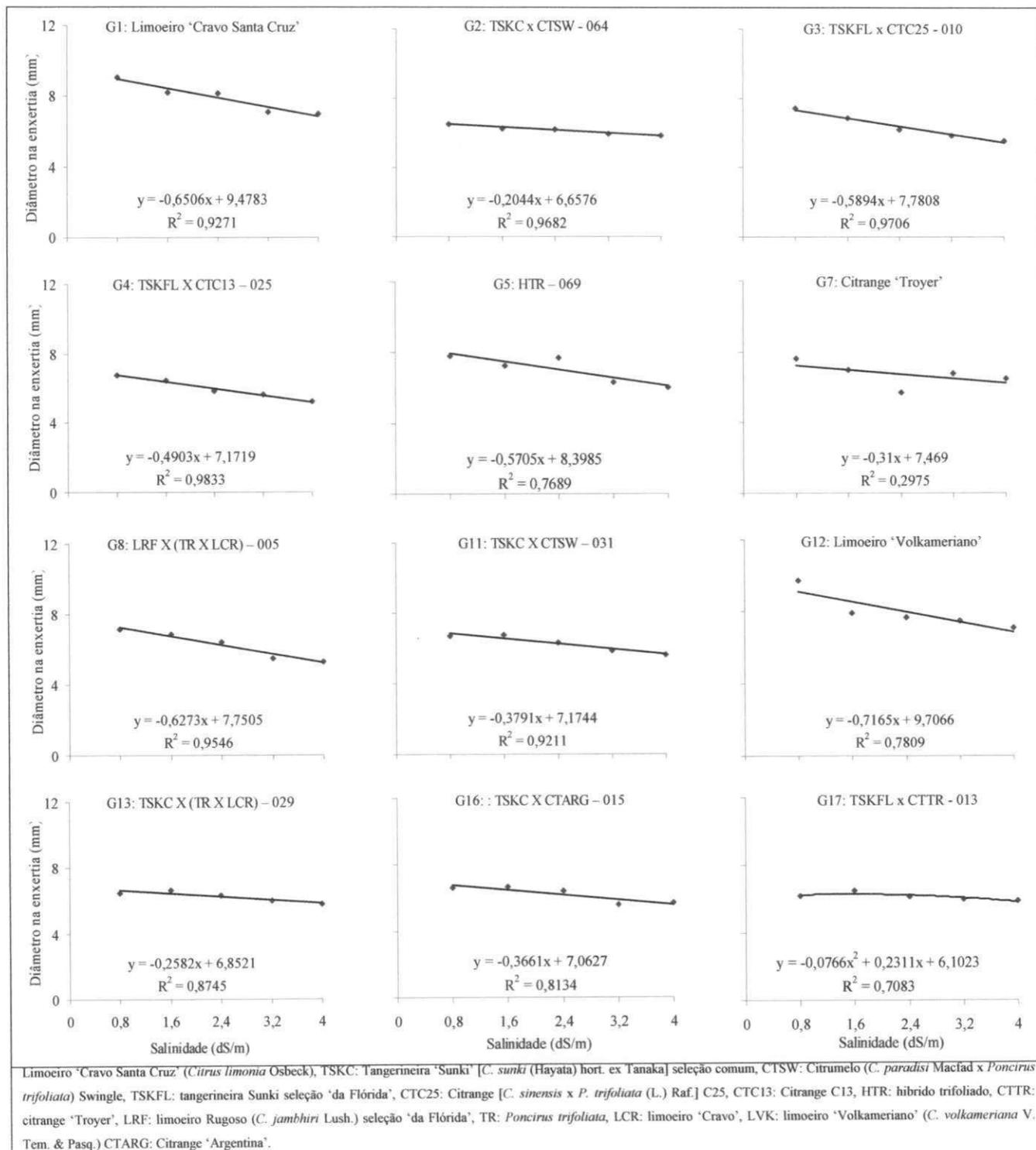


Figura 32: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no diâmetro na enxertia (mm) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado aos 330 DAS. Campina Grande, PB, 2010.

Os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (G1) e limoeiro ‘Volkameriano’ (G12), embora desenvolvessem maior diâmetro de caule na enxertia (Figura 31), foram os genótipos mais influenciados pela salinidade, ocorrendo redução de 7,3 e 7,8% com aumento unitário na CE (dS m^{-1}) da água, em relação ao nível de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 32).

O G7 (citrange ‘Troyer’) e o G5 (HTR – 069), também em destaque, sofreram redução com aumento, em uma unidade na CE (dS m^{-1}) da água, da ordem de 4,2 e 7,2%, respectivamente. Faz-se uma ressalva ao coeficiente de determinação obtido para a regressão do G7 que é considerado baixo. Contudo, os índices de significância dos parâmetros da equação têm alta significância e, embora a equação quadrática se ajustasse melhor, ela não retrataria de forma real, o que foi observado “in locu” durante o processo de formação das mudas e efeito da salinidade.

Os menores efeitos da salinidade da água no diâmetro na enxertia foram observados nos porta-enxertos G2 (TSKC x CTSW – 064) e G13 {[TSKC x (TR x LCR)] – 029}, notando-se redução de 3,1 e 3,9% com aumento unitário na salinidade da água, com base no menor nível ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Baixa redução no crescimento com aumento da salinidade foi observado, também, no G17 (TSKC x CTTR – 013), notando-se comportamento quadrático com aumento da salinidade, com máximo em diâmetro obtido com a aplicação estimada de água com $1,50 \text{ dS m}^{-1}$, obtendo-se, neste nível, um diâmetro de 6,3 mm; comparando-se este valor com o obtido no maior nível de salinidade, tem-se uma redução de 7,57%. Brito (2007) relaciona este genótipo como o de maior crescimento sob estresse salino, mas, classificando-o como moderadamente tolerante a salinidade, neste trabalho, tal crescimento não pode ser evidenciado, contudo sua tolerância à salinidade é notória.

Observa-se, ainda, que o efeito da salinidade no diâmetro de caule no ponto de enxertia pode estar associado à sua influência na variedade copa, ressaltando-se que a combinação copa/porta-enxerto é de grande importância nesta avaliação. Contudo, neste trabalho, não houve efeito da salinidade da água na combinação copa/porta-enxerto e, na verdade, o efeito foi isolado, ou seja, não houve efeito da interação sal x copa/porta-enxerto. Desta forma, na Figura 33 tem-se o efeito da salinidade no diâmetro na enxertia que, assim como na maioria dos porta-enxertos, sofreu redução linear com aumento da salinidade da água. A maior redução foi observada na copa de pomeleiro ‘Star Ruby’, a ordem de 6,7% com aumento unitário da salinidade da água com base em S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$); nas plantas

enxertadas com a copa de limoeiro ‘Tahiti CNPMF 2001’, notou-se redução de 5,4%, usando-se os mesmos critérios.

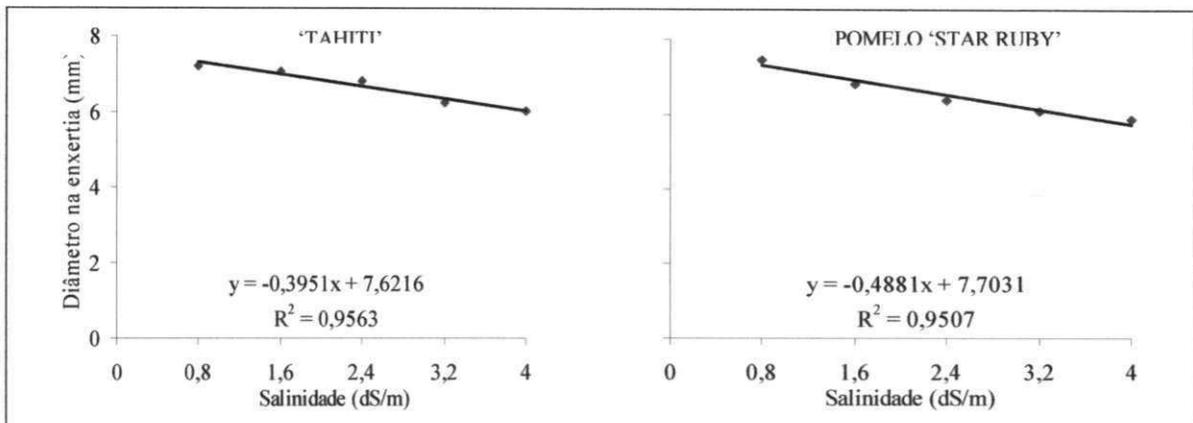


Figura 33: Efeito da salinidade da água no diâmetro na enxertia em cada variedade copa de citros estudado aos 330 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2010.

A salinidade é uma das formas de estresse ambiental a afetar o desenvolvimento das plantas; inibe o crescimento vegetal por efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água, por toxicidade e/ou desordem nutricional, induzindo a modificações morfológicas, estruturais e metabólicas. O grau em que cada componente do estresse salino influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se: a espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, composição salina do meio e condições edafoclimáticas (Shannon e Grieve, 1999). Para culturas que necessitam de enxertia para melhor crescimento/desenvolvimento, como é o caso dos citros, Singh et al. (2003) acrescentam que a combinação copa/porta-enxerto se torna de fundamental importância; desta maneira, inferir qual componente do estresse salino afetou de forma mais intensa as plantas de citros estudadas até aqui, é precipitado, porém, pode-se notar que alguns genótipos já são destaque entre as variáveis estudadas, como é o caso dos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ em combinações com copas de limeira ácida ‘Tahiti’.

c) Diâmetro de caule da copa

Notou-se efeito significativo da interação tripla (Sal x Porta-enxerto x Copa) para o diâmetro de caule da copa; por este fato, deu-se ênfase à observação da diferença entre combinações copa/porta-enxertos, em cada nível de salinidade da água, por meio de teste de agrupamento de médias Scott-Knott ($p < 0,05$) e, para complementação, estudaram-se os efeitos da salinidade em cada combinação, por meio de análise de regressão.

Na Tabela 5 tem-se o teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos e o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para variedades copa, em cada nível de salinidade estudado; em alguns casos, a combinação copa/porta-enxerto resultou em maior crescimento, como é o caso do limoeiro Cravo Santa Cruz, em que, ao ser enxertado com a limeira ácida ‘Tahiti’, obteve-se maior crescimento em diâmetro de caula da copa, em todas as salinidades estudadas; o mesmo porta-enxerto, porém, sob copa de pomeleiro ‘Star Ruby’, foi inferior, significativamente, à combinação “Tahiti/Cravo”, apenas no maior nível de salinidade da água ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), haja vista que, nas demais salinidades, os valores foram menores, mas sem diferença significativa. Comportamento semelhante ao do limoeiro ‘Cravo’ combinado às variedades copa, é observado no limoeiro ‘Volkameriano’, fazendo-se, contudo, uma ressalva, já que não houve diferença significativa entre as variedades copa em nenhum nível de salinidade da água, obtendo-se, inclusive, maior diâmetro de caule da copa na combinação “Star Ruby/Volkameriano”, em alguns níveis de salinidade da água.

Outra combinação interessante é observada entre o híbrido Trifoliado (HTR – 069), como porta-enxerto, e a copa de pomeleiro, pois, com exceção do primeiro nível de salinidade da água (S1, $0,8 \text{ dS m}^{-1}$), não há diferença significativa entre esta combinação e as combinações de “Star Ruby/Cravo” e “Star Ruby/Volkameriano. Caso se deseje um leque maior de materiais para escolha é possível adicionar, ao rol de melhores combinações, o próprio HTR-069 sob copa de ‘Tahiti’, por esta combinação estar agrupada entre os melhores genótipos em alguns tratamentos de salinidade.

O porta-enxerto é de fundamental importância para o crescimento da variedade copa, ressaltando-se que a combinação adequada entre o “cavalo” e a variedade copa é imprescindível para o desenvolvimento da planta e sucesso no cultivo da cultura, notadamente sob condições de irrigação com água salina. Fato endossado em trabalhos realizados por Singh et al. (2003) e Adnam et al. (2004).

Tabela 5: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre as copas ('Tahiti' e 'Star Ruby'), para o diâmetro de caule da copa em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 90 dias após enxertia. Campina Grande, 2010

PE ¹	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	Star		Star		Star		Star		Star	
	Tahiti	Ruby								
1	4,89aA	4,72aA	4,70aA	3,93aA	4,67aA	4,07aA	3,63 ^a A	3,49aA	3,60aA	2,06bB
2	2,87bA	3,06cA	2,69cA	2,75bA	2,74bA	2,79bA	2,45bA	2,08bA	2,56bA	2,30bA
3	3,27bA	3,10cA	2,37cA	2,37bA	3,03bA	2,34bA	0,00cA	0,00cA	0,00dA	0,00cA
4	3,08bA	2,78cA	3,48bA	2,90bA	2,70bA	2,61bA	2,80bA	2,32bA	0,74cA	0,00cA
5	3,63bA	3,96bA	3,68bA	3,87aA	4,32aA	3,89aA	3,55aA	2,85bA	2,52bA	2,71aA
7	3,13bA	3,22cA	2,36cB	2,94bA	2,20bA	2,53bA	1,99bA	2,54bA	2,02bA	2,35bA
8	2,89bA	2,74cA	2,86cA	3,25bA	3,05bA	2,46bA	2,38bA	2,39bA	2,95bA	1,89bB
11	2,87bA	3,15cA	2,98cA	2,86bA	3,35bA	2,99bA	2,63bA	2,69bA	2,30bA	2,42bA
12	5,46aA	4,86aA	4,31aA	3,96aA	3,83aA	3,51aA	3,36aA	3,65aA	3,54aA	3,42aA
13	1,04cA	1,12dA	3,16bA	3,12bA	2,47bA	3,03bA	2,00bA	2,74bA	0,33dB	1,74bA
16	2,87bA	2,64cA	2,62cA	2,50bA	3,00bA	2,66bA	2,41bA	2,56bA	1,57cA	2,26bA
17	2,92bA	3,17cA	2,60cB	3,17bA	2,62bA	2,60bA	2,48bA	2,63bA	2,45bA	2,47bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal no mesmo nível de salinidade da água não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

¹ 1. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck)); 2. TSKC (tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum) x CTSW (Citrumelo (*C. paradisi* Macfáid x *Poncirus trifoliata*) Swingle); 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção 'da Flórida') x CTC25 (Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25); 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (hibrido trifoliado); 7. CTTR (citrange 'Troyer'), 8. LRF (limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida') x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro 'Cravo')]; 11. TSKC x CTSW - 031; 12. LVK (limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)); 13. TSKC x (TR x LCR) - 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange 'Argentina'); 17. TSKC x CTTR - 013.

No genótipo porta-enxerto G3 (TSKFL x CTC25 - 010), enxertado com limeira ácida 'Tahiti' ou sob pomeleiro 'Star Ruby', registraram-se as menores médias, havendo, inclusive, a partir do nível S4 de salinidade da água (3,2 dS m⁻¹), ocorrência de médias 0,0 mm, significando que as plantas não cresceram para então serem avaliadas quanto a esta variável (Tabela 5). Fazendo-se um retrospecto, o porta-enxerto G3 demonstrou alto potencial de crescimento antes de ser enxertado, como pôde ser observado nas variáveis de crescimento discutidas nos itens 6.1.1 e 6.1.2, fato que deu a entender que o material seria um promissor porta-enxerto a ser trabalhado sob condições de irrigação com água salina, observando-se as maiores médias neste porta-enxerto, mesmo sob maior nível de salinidade da água. Quando enxertadas, porém, as variedades copa não conseguiram crescer, principalmente quando se aplicou água com maior nível de salinidade. Evidências semelhantes foram observadas no porta-enxerto G4 (TSKFL x CTC13 - 025), ocorrendo baixo crescimento da copa e redução seguida de médias 'nulas' com o aumento da

condutividade elétrica da água, sobretudo quando este porta-enxerto estava sob copa de ‘Star Ruby’.

Uma provável explicação para o fato dos genótipos G3 e G4, com bom crescimento durante a formação de porta-enxertos e baixo ou nulo crescimento depois de enxertados, com aumento da salinidade, é combinação entre ambas as partes, ressaltando-se que o tecido do enxerto é tenro com baixa quantidade de carboidrato e tecidos de reserva, sendo muito dependente do fluxo de seiva proveniente do porta-enxerto; esta seiva, possivelmente, com o aumento da salinidade da água aplicada e aumento da concentração de sais no substrato, a concentração de sais também aumentou; ressalta-se que o aumento na concentração de sais diminui o potencial hídrico (efeito osmótico), necessitando que o tecido (enxerto) gaste mais energia para absorver água e como este tem baixo potencial de reserva, seu crescimento torna-se limitado.

Quando se estuda o efeito da salinidade em cada combinação copa/porta-enxerto, tanto quando o enxerto foi a limeira ácida ‘Tahiti’ (Figuras 34), como o pomeleiro ‘Star Ruby’ (Figura 35); notou-se redução linear no crescimento dos porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G2 (TSKC x CTSW – 031), G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G7 (citrange ‘Troyer’), G12 (limoeiro ‘Volkamerino’) e G17 (TSKFL x CTTR – 013) quando enxertados com ‘Tahiti’ ou em pomeleiro ‘Star Ruby’, no G11 (TSKC x CTSW – 064) tal comportamento foi observado apenas quando enxertado com ‘Star Ruby’; comportamento quadrático foi observado nos porta-enxertos G4 (TSKFL x CTC13 – 025), G5 (HTR – 069), G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] e G16 (TSKC x CTARG – 015)} sob copa de ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’, no G11 sob copa de Tahiti e, em G8 [LRF x (TR x LCR) – 005] sob copa de ‘Star Ruby’, foi observado comportamento quadrático com aumento da salinidade da água. Destaca-se, ainda, que a salinidade não afetou o porta-enxerto G8 quando enxertado com ‘Tahiti’.

As combinações referentes aos grupos mais expressivos, conforme teste de Scott-Knott (Tabela 5), o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (G1) cujo crescimento foi reduzido em 8,74% quando enxertado com ‘Tahiti’, e em 14,97% quando enxertado com ‘Star Ruby’, com aumento unitário da salinidade da água. No limoeiro ‘Volkameriano’ (G12), a maior redução com aumento unitário da salinidade da água foi observada quando foi enxertado com ‘Tahiti’, notando-se redução de 11,33% para esta combinação e de 6,75% para o ‘Star Ruby’/Volkameriano.

Outra combinação interessante é a obtida entre o híbrido trifoliado – 069 (HTR – 069) e as variedades copa (‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’), com comportamento quadrático. Quando o HTR-069 foi enxertado com ‘Tahiti’, obteve-se diâmetro máximo de copa de 4,1 mm, no nível de CE_a de $2,03 \text{ dS m}^{-1}$; para o ‘Star Ruby’, o diâmetro máximo foi de 3,99 obtido em $0,72 \text{ dS m}^{-1}$ (Figuras 34 e 35). Embora se observe superioridade das plantas enxertadas com ‘Tahiti’, comparando-se os máximos valores de diâmetro de copa, com os resultados obtidos no maior nível de salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), tem-se uma redução de 37,70% no ‘Tahiti’ e de 35,09% no ‘Star Ruby’; caso a salinidade da água seja maior que $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ e o porta-enxerto adotado o HTR – 069, é preferível enxertar com o pomeleiro ‘Star Ruby’, pois os efeitos da salinidade serão menores.

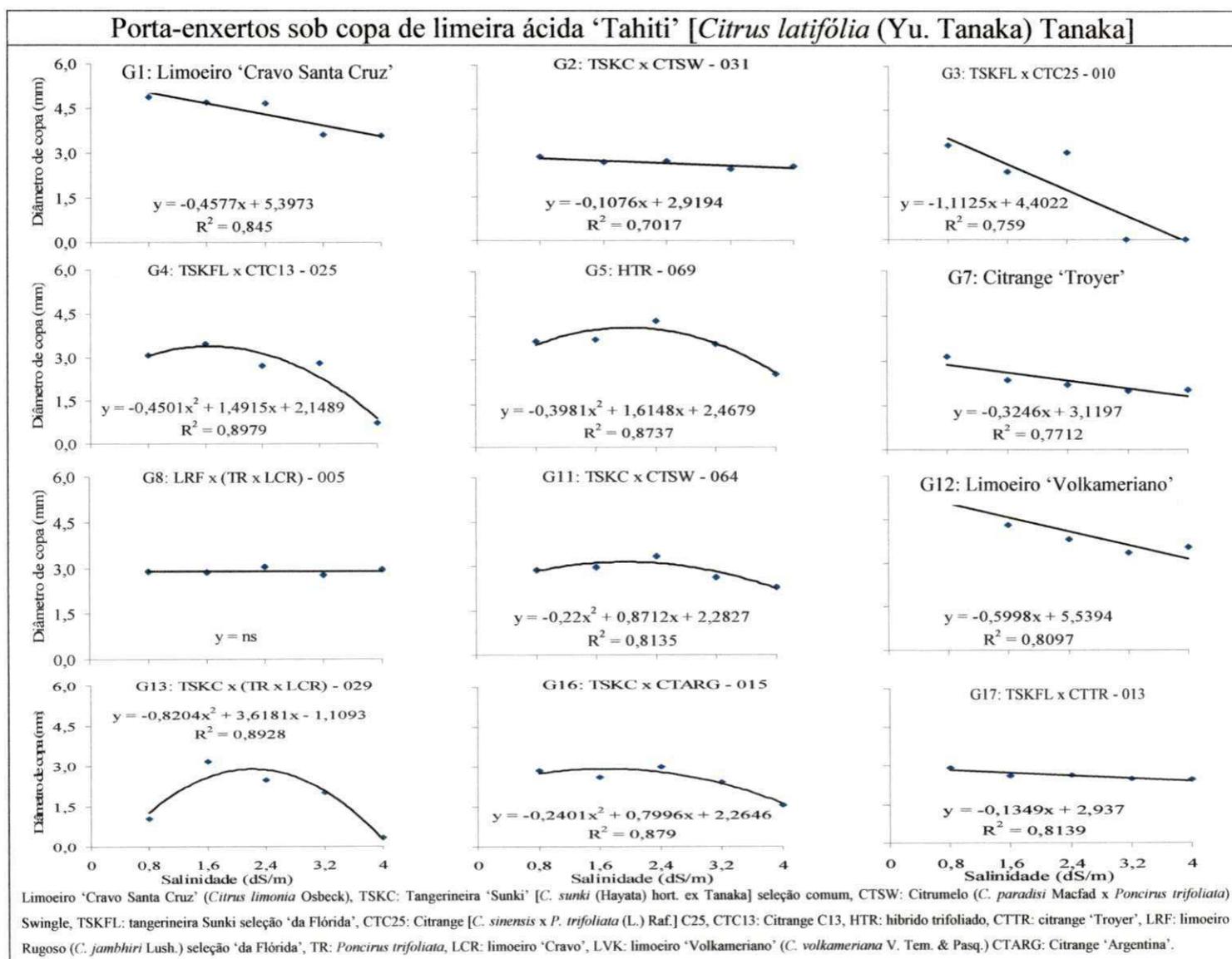


Figura 34: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) no Diâmetro de copa (mm) aos 330 dias após semeadura, em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.

Observaram-se os menores efeitos da salinidade nas combinações entre os porta-enxertos G2 (TSKC CTSW - 031), G8 [LRF x (TR x LCR) - 005] e G17 (TSKC x CTTR - 013), enxertado com Tahiti, havendo redução de 3,74, 0,0 e 4,68% com aumento unitário da CE (dS m⁻¹) da água com base em 0,8 dS m⁻¹.

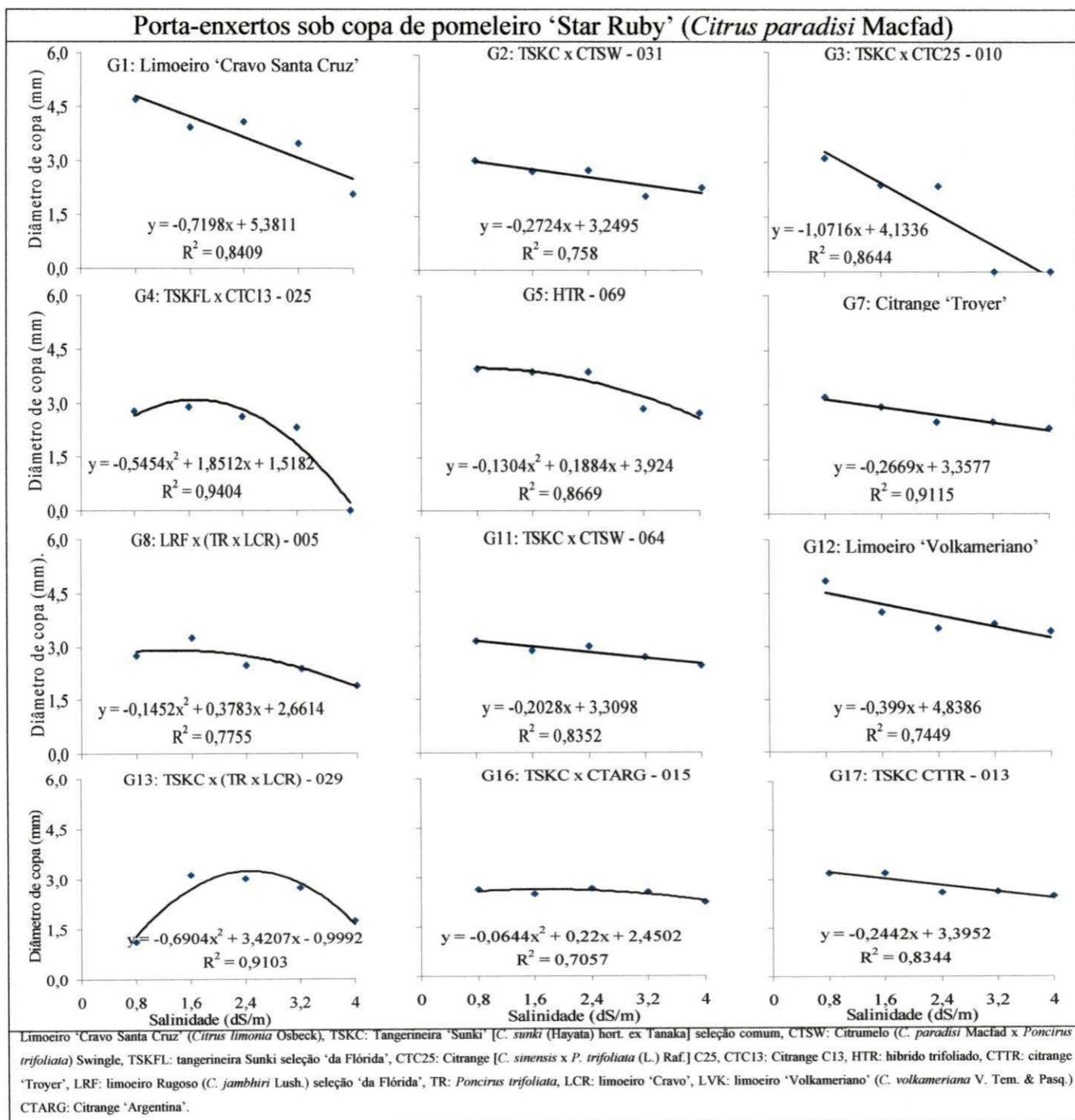


Figura 35: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) no diâmetro de copa (mm) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de pomeleiro 'Star Ruby' aos 330 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2010.

Observaram-se as maiores reduções quando G3 (TSKC x CTC25 – 010) recebeu enxerto de Tahiti e Star Ruby havendo redução linear de 28,19 e 32,70% com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água, respectivamente. No G4 (TSKC x CTC13 – 025) sob Star Ruby, o comportamento foi quadrático, com máximo estimado em diâmetro obtido em $1,69 \text{ dS m}^{-1}$; porém ao se aumentar a aplicar $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ de CE, houve uma de 100,00% no crescimento, considerada expressiva.

Na maioria das combinações, ocorreu redução no crescimento, não a ponto de ser nulo, o que permite reafirmar que o efeito da salinidade é diferente entre genótipos e mesmo em um mesmo genótipo, entre fases de desenvolvimento; a combinação copa/porta-enxerto é imprescindível neste processo, encontrando-se, na literatura, abordagens sobre diferentes formas de adaptação das plantas ao estresse salino (Singh, 2003; Adnan, 2004). Com base tal fato, acredita-se que o mecanismo de adaptação das plantas que não toleraram a salinidade esteja relacionado à compartimentação de sais no vacúolo das folhas velhas, assim como descrito em Taiz e Zeiger (2009). Desta forma, quando a copa do porta-enxerto foi cortada, os sais começaram a ser acumulados no tecido do enxerto, que é tenro e, assim, não conseguiu crescer, fato relacionado com as combinações de G3 sob Tahiti e ‘Star Ruby’ e em G4 sob ‘Star Ruby’ (Figura 36).



Figura 36: Imagens das combinações copa/porta-enxertos tratados com águas salinas 60 dias após a enxertia. Campina Grande, 2010

Salienta-se ainda que, embora alguns genótipos não tenham se destacado entre os melhores grupos, como G2, G8 e G17, eles apresentam potencial para compor programas de melhoramento genético que visem obter plantas tolerantes à salinidade, fato também de grande importância.

6.1.3.2 Crescimento em comprimento de copa

No comprimento de copa (Tabela 6), constatou-se efeito isolado da salinidade e diferença entre porta-enxertos aos 30 e 60 dias após enxertia (DAE); não houve diferença entre copas apenas aos 60 DAE, porém ocorreu interação entre salinidade e porta-enxertos (Sal x PE) e porta-enxerto x copa (PE x Copa), além da interação tripla entre Sal x PE x Copa nas duas épocas de avaliação.

Tabela 6: Resumo da análise de variância para a variável comprimento de copa em função da salinidade da água (Sal), porta-enxertos (PE), Copa e as interações. Campina Grande, PB, 2010.

F.de variação	GL	Comprimento de Copa	
		Quadrado Médio	
		60DAE	90DAE
Sal	4	740,9449**	1393,7648**
Porta-enxerto (PE)	11	135,2685**	872,7918**
Copa	1	33,3676**	12,1855 ^{ns}
Sal x PE	44	31,4009**	63,1690**
Sal x Copa	4	8,4173**	7,1110 ^{ns}
PE x Copa	11	10,4956**	40,1440**
Sal x PE x Copa	44	7,0728**	13,6899**
Bloco	2	0,4968 ^{ns}	4,5710 ^{ns}
CV (%)		21,56	21,06
Média (cm)		6,58	10,82

^{ns} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Conforme teste de Scott-Knott e de Tukey ($p < 0,05$) dispostos na Tabela 7, as combinações entre o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (G1) com 'Tahiti' ou 'Star Ruby' possibilitaram obtenção das maiores médias, superiores, estatisticamente, às obtidas nas demais combinações em todas as salinidades. Comportamento semelhante foi observado no híbrido trifoliado – 069 (HTR – 069), que corresponde ao genótipo 5, nas salinidades S3 (2,4 dS m⁻¹), S4 (3,2 dS m⁻¹) e S5 (4,0 dS m⁻¹), notando-se, neste caso, que a combinação copa/porta-enxerto foi crucial para o melhor crescimento em altura, pois as maiores médias foram observadas quando o genótipo foi enxertado com limeira ácida 'Tahiti'; ressalta-se que tal fato é previsível, pois, segundo relatos descritos por Mattos Junior et al. (2005), as plantas de limeira ácida 'Tahiti' têm porte alto, alto potencial vegetativo e precocidade de produção.

O limoeiro Volkameriano (G12), embora não esteja agrupado entre os porta-enxertos com as melhores médias na maioria das salinidades, possui considerável crescimento em altura, mesmo sob os maiores níveis de salinidade, notadamente quando enxertado com lima ácida Tahiti assemelhando-se, estatisticamente, aos resultados obtidos com o genótipo 5 em alguns tratamentos de salinidade.

Tabela 7: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedade copa (Tahiti e Star Ruby), para a altura de copa em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 90 dias após enxertia (DAE). Campina Grande, 2010

PE ¹	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	Star		Star		Star		Star		Star	
	Tahiti	Ruby								
1	31,79aA	28,93aA	30,80aA	27,25aB	29,26aA	23,65aB	14,90aA	15,14aA	13,80aA	13,50aA
2	10,56eA	12,14dA	7,62eA	8,67dA	5,99dA	8,74dA	6,08cA	4,90cA	4,69cA	6,94bA
3	15,20dA	15,65cA	6,43eB	10,75dA	9,32cA	6,97dA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00cA
4	21,85cA	20,87bA	18,59cA	16,74cA	9,41cB	14,54cA	7,47bA	6,52cA	5,18cA	0,00cB
5	26,72bA	21,21bB	23,62bA	20,87bA	25,65aA	19,88bB	12,83aA	9,55bA	11,02bA	9,83aA
7	14,00dA	10,81dB	7,20eA	7,69dA	4,60dB	9,17dA	3,70cA	6,54cA	3,30cA	5,07bA
8	15,13dA	16,06cA	12,65dA	15,85cA	12,78bA	14,52cA	5,33cA	5,27cA	6,18cA	5,50bA
11	7,78eB	13,73cA	12,17dA	8,35dB	13,33bA	11,77cA	6,20cA	5,23cA	3,75cA	3,20cA
12	33,24aA	22,49bB	21,26bA	15,21cB	13,56bA	7,88dB	7,51bA	7,71cA	11,21bA	6,34bB
13	6,77eA	6,86eA	6,01eA	6,86dA	5,18dA	7,42dA	5,27cA	3,50cA	3,50cA	2,97cA
16	6,83eA	7,51eA	6,80eA	7,85dA	8,18cA	8,40dA	7,43bA	6,80cA	2,66dB	6,07bA
17	10,14eA	11,54dA	9,40eA	11,05dA	9,41cA	9,51dA	7,93bA	9,46bA	5,56cA	6,58bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

¹ 1. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); 2. TSKC {tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção 'da Flórida') x CTC25 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25}; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (híbrido trifoliado); 7. CTTR (citrange 'Troyer'); 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida'] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro 'Cravo')]; 11. TSKC x CTSW - 031; 12. LVK [limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) - 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange 'Argentina'); 17. TSKC x CTTR - 013.

Nos genótipos G3 (TSKC x CTC25 - 010), G13 [TSKC x (TR x LCR) -029] e G17 (TSKFL x CTTR - 013), sob 'Tahiti' ou 'Star Ruby', registraram-se as menores médias, destacando-se o G3 em virtude da ocorrência de médias nulas em S4 (3,2 dS m⁻¹) e S5 (4,0 dS m⁻¹), como também observado na variável diâmetro de copa. Ressalta-se que as combinações entre os porta-enxertos G13 e G17 com as variedades copa estudadas, tiveram menores médias, mas a diferença entre as médias no menor e maior nível de salinidade é pequeno, sinal de que o baixo crescimento das combinações pode ser resultado de suas

características genéticas; Brito et al. (2008) também observaram crescimento menor com baixa redução no crescimento, com aumento da salinidade da água, estudando estes materiais durante a fase de formação do porta-enxerto. Ressaltando-se que o fato que haver uma baixa redução, embora o crescimento tenha sido limitado, reforça o potencial do genótipo para ser usado em programas de melhoramento.

Embora as combinações entre o limoeiro ‘Cravo’ com as copas de ‘Star Ruby’ e ‘Tahiti’ tenham sido classificadas nos melhores grupos (Tabela 7), nota-se, nas Figuras 37 e 38, reduções com aumento da salinidade, a saber: quando enxertado com o ‘Tahiti’ houve comportamento quadrático, com o máximo em altura de copa estimada de 33,21 cm de comprimento, com a aplicação de água com CE de $0,17 \text{ dS m}^{-1}$; quando este valor é comparado com o obtido no maior nível de salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), ocorre redução de 64,0% no comprimento de copa; dividindo-se este valor pela diferença entre as salinidades, obtém-se uma redução de 16,7%, com aumento unitário da CE_a (dS m^{-1}); para a combinação Star Ruby/Cravo, o comportamento foi linear decrescente, havendo, com o aumento unitário na salinidade da água, uma redução de 17,7% no comprimento de copa, expressivo segundo Ayers e Westcot (1999), por indicarem como plantas tolerantes aquelas que tenham decréscimo no crescimento de, até, 10% com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água.

No híbrido trifoliado – 069 (G5) observa-se comportamento quadrático com a aplicação de água salina sob ‘Tahiti’ (Figura 37) ou ‘Star Ruby’ (Figura 38), com máximo em comprimento de caule estimada no nível de salinidade de $0,47$ e $0,04 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente; o maior valor de comprimento de caule estimado foi obtido quando o HTR – 069 foi enxertado com ‘Tahiti’, 26,79cm, havendo redução de 63,51% neste valor quando comparado com o obtido no nível de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (S5). Embora as plantas da combinação ‘Star Ruby’/HTR-069 tenham apresentado menor média, nota-se uma redução mais gradual com o aumento da salinidade (Figuras 37 e 38). Segundo Adnan (2004), o principal efeito da salinidade na cultura dos citros esta relacionado à concentração de Cl^- , destacando-se que a habilidade de reduzir o seu impacto depende do porta-enxerto e tem analogia com a capacidade de exclusão desse íon, a partir das raízes; contudo, para o porta-enxerto aqui em destaque, a copa também foi imprescindível para a garantia de um crescimento, como foi, também, a situação do ‘Star Ruby’ sobre HTR-069.

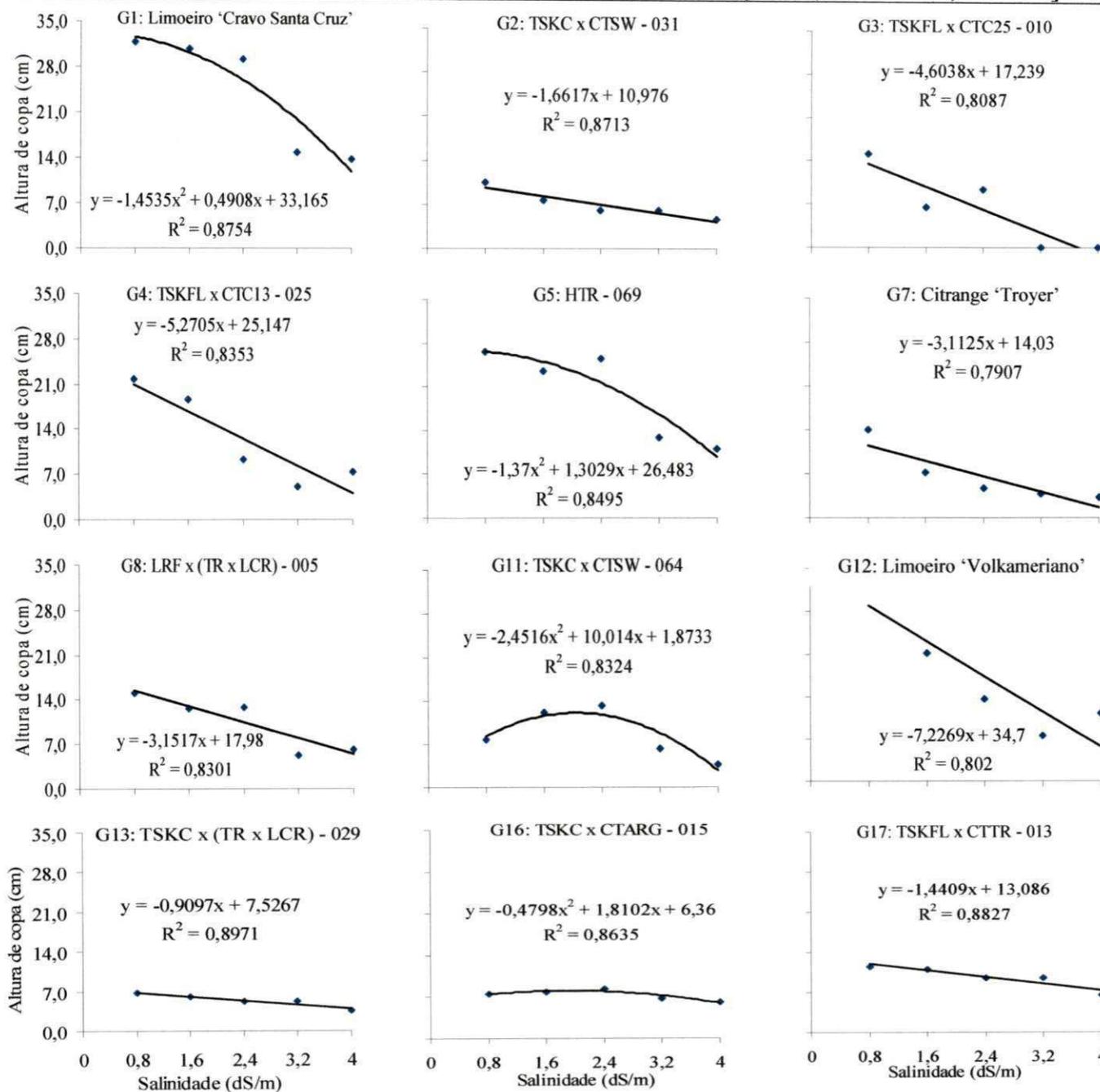
De maneira geral, o uso de combinações com a limeira ácida ‘Tahiti’, como copa, tem resultado em maiores médias, mas, em algumas situações, combinações entre os porta-

enxertos e o pomeleiro ‘Star Ruby’, têm sido mais tolerantes à salinidade; Adnan (2004) destaca, em sua revisão, um rol de genótipos tolerantes a salinidade, publicado por Boman (1993) e Zekri (1993), ressaltando o pomeleiro ‘Star Ruby’ como o de maior tolerância.

A maior redução no crescimento foi observada nas copas sobre o porta-enxerto G3 (TSKFL x CTC25 – 010), notando-se redução de 33,96 e 34,85% com aumento unitário na salinidade da água para o ‘Tahiti’ e o ‘Star Ruby’, respectivamente; podendo-se destacar médias nulas a partir do quarto nível de salinidade. Nota-se que as referidas combinações não conseguiram crescer com a aplicação de águas com salinidades maiores que 3,2 dS m⁻¹. Segundo a literatura, a salinidade limiar do citros é 1,7 dS m⁻¹, relacionada à laranja doce, porém, este valor pode variar conforme o genótipo e a combinação copa/porta-enxerto, sendo o efeito da salinidade na cultura associado, principalmente, ao efeito tóxico do íon cloreto. Neste sentido, acredita-se que o porta-enxerto G3 não seja eficiente na exclusão de Cl⁻ do sistema radicular, tal como seu ascendente *Poncirus trifoliata* como retrata a literatura (Singh, 2003, Adnan, 2004), permitindo que o íon seja acumulado nos tecidos em crescimento (enxerto), ainda tenros e susceptíveis a estresses abióticos.

Considera-se que o processo de produção de mudas de citros é longo, mesmo no sistema de produção de mudas certificadas, chegando aos 12 meses (Mattos Junior et al., 2005), isso ocasiona dispêndio de recursos financeiros e humanos, além de imobilizar capital, razão por que, havendo disponibilidade de água salina, é preferível a escolha de uma combinação com maior potencial de crescimento, embora sabendo que ela não vai apresentar todo o seu potencial, a escolher um material com menor crescimento por ser mais tolerante à salinidade da água; todavia, é necessário destacar que o material a ser escolhido deve apresentar características agrônômicas apropriadas para o transplante em campo. Neste caso, as combinações entre os porta-enxertos de Cravo, HTR-069 e ‘Volkameriano’ com as duas copas estudadas, podem ser alternativas à produção em campo sob condições de irrigação com água salina. Por outro lado, se o objetivo é obter materiais tolerantes à salinidade, para compor programas de melhoramento genético, deve-se ater para os genótipos com menor redução no crescimento com aumento da salinidade, embora tenham apresentado baixo crescimento, como é o caso do porta-enxerto G17 (TSKFL x CTTR – 013), podendo ser enxertado em ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’.

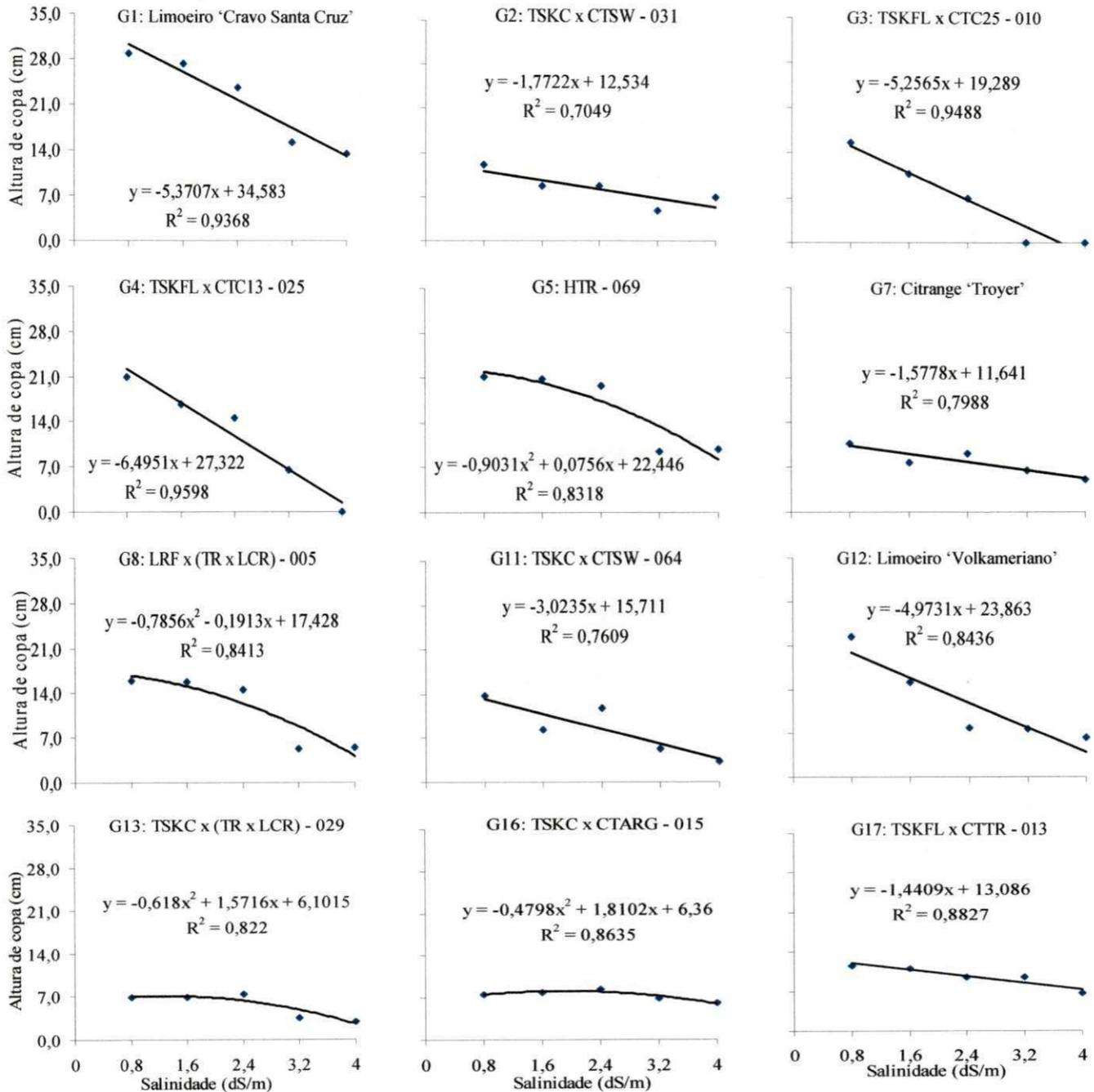
Porta-enxertos sob copa de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 37: Efeito da salinidade da água (Salinidade, dS m⁻¹) na altura de copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.

Porta-enxertos sob copa de pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 38: Efeito da salinidade da água (Salinidade, dS m⁻¹) na altura de copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de Pomelo 'Star Ruby'. Campina Grande, PB, 2010

6.1.3.3 Crescimento em número de folhas da copa

O número de folhas das copas das combinações com copa/porta-enxerto, foi afetado pela salinidade da água, havendo diferença entre porta-enxertos, entre copas e interações duplas e triplas. Neste sentido, enfatizou-se o efeito da interação tripla entre Porta-enxerto x Copa x Salinidade (PE x Copa x Sal), estudando-se as diferenças entre as combinações copa/porta-enxerto em cada nível de salinidade e, posteriormente, destacou-se o comportamento das melhores combinações com aumento da salinidade da água.

Tabela 8: Resumo da análise de variância para a variável número de folhas da copa em função da salinidade da água (Sal), porta-enxerto (PE), variedade Copa e interações aos 330 DAS. Campina Grande, PB, 2010

F.de variação	GL	Nº de folhas da copa	
		30DAE	60DAE
Sal	4	52,0989**	661,2791**
Porta-enxerto (PE)	11	688,9162**	260,6161**
Copa	1	109,5883**	90,7169**
Sal x PE	44	37,0022**	34,8179**
Sal x Copa	4	17,6050**	8,0274 ^{6,8%}
PE x Copa	11	21,9240**	29,1030**
PE x Copa x Sal	44	4,4282**	8,9408**
Bloco	2	5,1300 ^{ns}	1,9371 ^{ns}
CV (%)		25,88	23,33
Média		5,94	8,17

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Tal como nas variáveis diâmetro do caule da copa e altura de copa, as plantas com maior número de folhas relacionaram-se às combinações entre o limoeiro 'Cravo' (G1), como porta-enxerto sob 'Tahiti' ou 'Star Ruby', havendo a formação de 16 a 20 folhas no menor nível de salinidade (0,8 dS m⁻¹) e entre 8 e 11 folhas em S5 (4,0 dS m⁻¹). As combinações entre os porta-enxertos HTR – 069 (G5) e o limoeiro 'Volkameriano' (G12) com as copas de 'Tahiti' e 'Star Ruby', também se destacaram, em algumas salinidades, entre as melhores combinações. A diferença no número de folhas pode estar relacionada não apenas à falta de crescimento em número, propriamente dito, mas também à abscisão de folhas, devido ao aumento da concentração de sais no solo e na planta, como forma de proteção. Nota-se, para as combinações em destaque, que a abscisão foliar não foi significativa, fato observado, visualmente, durante a condução do experimento e

comprovado com dados de crescimento em diâmetro e altura de copa, observando-se redução expressiva com aumento na salinidade para as combinações. Ressalta-se que um número maior de folhas, geralmente, significa maior área foliar e, assim, maior capacidade da planta em realizar fotossíntese, produzindo compostos orgânicos e contribuindo com o crescimento vegetal.

Tabela 9: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (P.E.) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedade copa (Tahiti e Star Ruby), para o número de folhas da copa em cada nível de salinidade (S1 a S5). Campina Grande, PB, 2010.

P.E.	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	'Tahiti'	'Star Ruby'	'Tahiti'	'Star Ruby'						
1	20,05aA	16,27aB	20,40aA	14,30aB	19,38aA	13,23aB	13,00aA	13,60 ^a A	8,89aA	10,69aA
2	4,33cA	8,30cA	5,55eB	9,90bA	3,22cB	8,40bA	5,39cA	7,30bA	4,17bA	6,70bA
3	9,59cA	8,48cA	8,33dA	9,47bA	8,63bA	9,67bA	0,00dA	0,00dA	0,00cA	0,00cA
4	15,26bA	12,82bA	11,17cA	9,00bA	10,00bA	10,42bA	0,00dB	3,67cA	0,00cA	0,00cA
5	17,53aA	13,44bB	16,21bA	14,61aA	16,94aA	13,85aB	4,91cA	7,97bA	3,97bB	7,20aA
7	12,33bA	13,00bA	5,50eB	9,78bA	4,67cB	10,00bA	1,67dB	7,89bA	2,40cB	8,67aA
8	13,06bA	12,92bA	9,67dA	10,75bA	11,50bA	10,90bA	1,70dA	1,17dA	1,50cA	1,40cA
11	8,33cA	11,33bA	6,44eA	9,22bA	9,83bA	8,67bA	9,33bA	7,50bA	5,67bA	5,43bA
12	17,25aA	18,22aA	11,82cA	13,17aA	9,70bA	7,42bA	8,50bA	8,70bA	8,56aA	5,53bA
13	5,89cA	7,33cA	2,80fB	7,11cA	6,67cA	9,29bA	2,20cA	4,17cA	4,17bA	1,11cB
16	6,21cB	9,50cA	7,30dA	5,69cA	6,33cA	7,83bA	6,33bA	6,75bA	4,50bA	4,86bA
17	8,67cB	12,00bA	6,60eB	11,03bA	7,40bA	7,39bA	4,50cA	6,97bA	4,75bA	6,72bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal para o mesmo nível de salinidade de água, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

AS médias mais baixas foram obtidas nas combinações entre os porta-enxertos G3 (TSKFL x CTC25 – 010) e G4 (TSKFL x CTC13 – 025) combinados com as variedades copa de 'Tahiti' e 'Star Ruby'. O genótipo TSKFL x CTC25 – 010 foi agrupado entre os porta-enxertos de menores médias em todas as salinidades, quando enxertado com 'Tahiti' ou 'Star Ruby', notando-se, nos maiores níveis de salinidade (3,2 e 4,0 dS m⁻¹), plantas sem folhas (Figura 39). No TSKFL x CTC13 – 025, nota-se, até o terceiro nível de salinidade (2,4 dS m⁻¹), classificação intermediária entre as combinações; contudo, quando aplicada água com 3,2 ou 4,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, as plantas sofreram um estresse mais severo e tenderam a perder as folhas, principalmente quando este porta-enxerto estava sob copa de limeira ácida 'Tahiti'.

A salinidade limiar para a cultura do citros pode estar relacionada aos vários aspectos aqui já mencionados, sendo um deles a combinação copa/porta-enxerto, ressaltando-se, também, que o porta-enxerto deve ser bom em excluir cloreto, evitando que este íon chegue às folhas da variedade copa em quantidade que o torne tóxico às plantas. Nota-se, então, que os porta-enxertos G3 e G4 não são bons excludores de íons tóxicos, já que o cloreto estava sendo, provavelmente, compartimentalizado nas folhas, ocasionando queda nas folhas.



Figura 39: Estado de plantas dos porta-enxertos TSKFL x CTC13 – 025 {tangerineira Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] da Flórida x Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C13 – 025} sob copa de ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’ submetidas à salinidade da água de 3,2 e 4,0 dS m⁻¹. Campina Grande, PB, 2010.

Estudando-se o efeito da salinidade (Figuras 40 e 41), nota-se redução linear no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ sob ‘Star Ruby’ e no TSKFL x CTC25 – 010, sob ‘Tahiti’, nos porta-enxertos G4 (TSKFL x CTC13 – 025), G7 (citrange ‘Troyer’), G8 [LRF x (TR x LCR) – 005], G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) e G17 (TSKFL x CTTR – 013) houve regressão linear decrescente para ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’, ocorrendo o mesmo efeito, com aumento da salinidade para o G11 (TSKC x CTSW – 064) e o G16 (TSKC x CTARG – 015) sob copa de ‘Star Ruby’. Nas combinações entre limoeiro ‘Cravo’ (G1) com ‘Tahiti’ e entre o G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G5 (HTR – 069) e G13 [TSKC x (TR x LCR) -029], notou-se comportamento quadrático, com aumento da salinidade da água.

Para o limoeiro Cravo sob ‘Star Ruby’ observou-se redução de 8,94%, com aumento unitário na salinidade da água, com base no menor nível de salinidade, tal redução foi a menor entre os porta-enxertos que tiveram regressão linear, fato que demonstra o potencial da combinação como alternativa à produção sob estresse salino, confirmando descrições da literatura, informando que o limoeiro Cravo é um porta-enxerto rústico e tolerante a estresses abióticos (Azevedo, 2003; Mattos Junior et al., 2005) e o Pomelo ‘Star Ruby’ é classificado como um dos citros mais tolerantes à salinidade (Adnan, 2004). Segundo El-Hammady et al. (1995), plântulas de limoeiro ‘Cravo’ têm melhor crescimento sob estresse salino, embora tratamentos com estresse afetem muito o crescimento das plantas. Sob copa de ‘Tahiti’, o comportamento foi quadrático no limoeiro ‘Cravo’, com máximo estimado em número de folhas de 20,55 folhas obtido com $1,23 \text{ dS m}^{-1}$; comparando-se este valor com o obtido em S5 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), nota-se redução de 59,33%.

No HTR – 069 o comportamento foi quadrático, com redução mais expressiva na limeira ácida ‘Tahiti’, 85,98% enquanto no pomeleiro ‘Star Ruby’ foi de 55,36% quando se comparam os resultados obtidos nos níveis de máximo crescimento com o maior nível de salinidade da água estudado. Já no limoeiro ‘Volkameriano’ houve regressão linear decrescente, com maior redução quando recebeu enxerto de Pomeleiro ‘Star Ruby’, 21,01% contra 16,91% obtido na combinação com o ‘Tahiti’.

A redução no crescimento da copa de combinações copa/porta-enxertos sob estresse salino tem sido estudada por vários autores, a exemplo de Boman (1993) que registrou uma redução no volume da copa de 7% com aumento em $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ na salinidade da água de irrigação acima do nível base de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$; resultado semelhante ao observado na combinação ‘Star Ruby’/‘Cravo’ corroboram com os resultados obtidos neste trabalho, para a maioria das combinações copa/porta-enxerto.

Fato importante, notadamente para o melhoramento genético, é observado nos porta-enxertos G2 (TSKC x CTSW – 031), G11 (TSKC x CTSW – 064), G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] e G16 (TSKC x CTARG – 015), sob copa de ‘Tahiti’, não havendo efeito significativo da salinidade, o que permite dizer que esses materiais, embora tenham baixo potencial de crescimento, possuem capacidade de tolerar a salinidade; provavelmente estas combinações conseguem reduzir os efeitos negativos da salinidade, mantendo suas folhas ativas para a manutenção da planta. Situação semelhante pode ser observada entre os porta-enxertos G2 e G7 (citrange ‘Troyer’) enxertados com ‘Star Ruby’, pois, embora tenha

ocorrido efeito significativo da salinidade, a redução com seu aumento foi pequena, cerca de 11,97 e 10,56%, respectivamente, com aumento unitário na salinidade da água, tendo esses genótipos potencial razoável de crescimento.

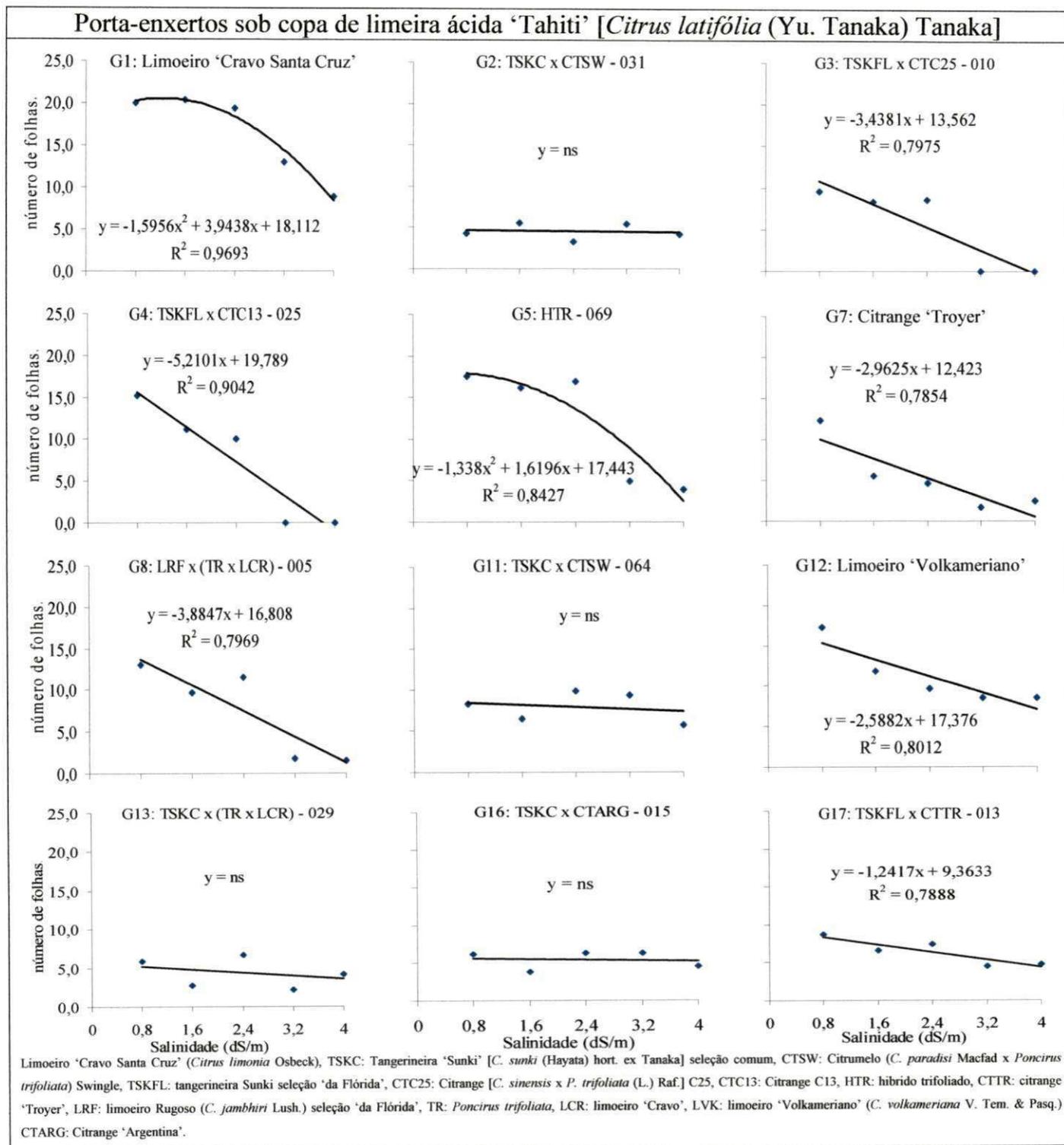
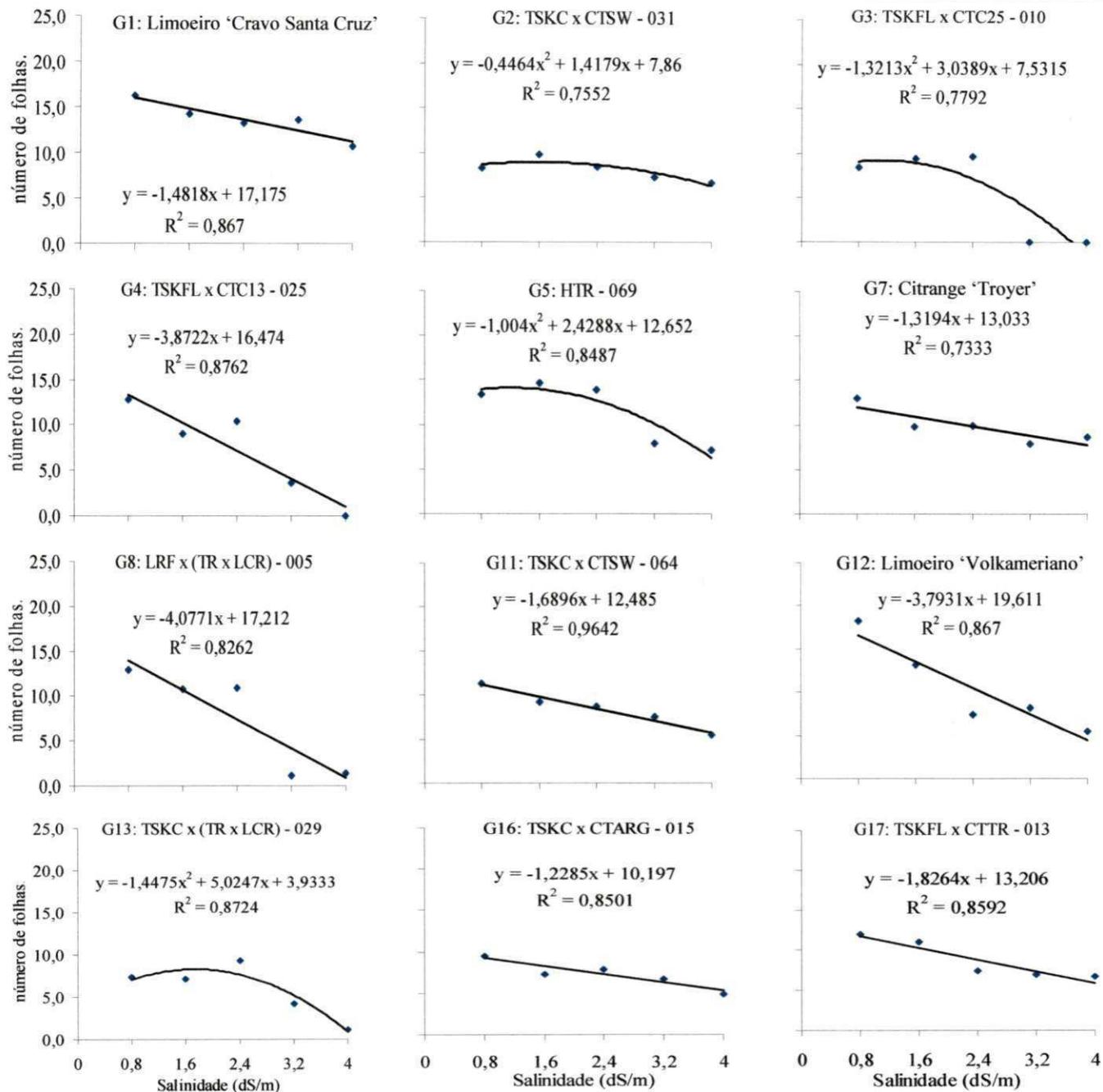


Figura 40: Efeito da salinidade da água ($dS\ m^{-1}$) no número de folhas da copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.

Porta-enxertos sob copa de pomeloiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 41: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) no número de folhas da copa aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água sob copa de Pomelo 'Star Ruby'. Campina Grande, PB, 2010.

6.1.4. Fitomassa e relação Raiz/Parte aérea das combinações copa/porta-enxerto

Com o final do experimento de formação de mudas, coletaram-se as plantas para realização de análise destrutiva, obtendo-se a fitomassa das raízes (FSRaiz) (g), fitomassa do caule do porta-enxerto (FSPE) (g), fitomassa do caule na área da enxertia (FSEnx) (g), fitomassa do caule da copa (FSCopa) (g) e relação Raiz/Parte aérea (Raiz/PA) (g/g), constatando-se efeito da salinidade e diferença entre os porta-enxertos em todas elas, não houve diferença entre copas, quando estudadas isoladamente, para as variáveis relacionadas ao porta-enxerto, como FSRaiz, FSPE e FSEnx (Tabela 10). Houve efeito da interação dupla entre Salinidade e Porta-enxerto (Sal x PE) em todas as variáveis; a interação Sal x Copa afetou apenas a FSCopa e a interação PE x Copa não promoveu diferenças na relação raiz/parte aérea. Constatou-se interação tripla para a FSRaiz e FSCopa. Soares et al. (2006) também notaram diferenças entre porta-enxertos, quando estudaram o desenvolvimento de três genótipos de citros sob águas de diferentes salinidades, na fitomassa das raízes e da parte aérea, corroborando com o observado neste trabalho; contudo, os autores não notaram efeito dos tipos de água nos porta-enxertos, fato que ocorreu neste trabalho. A copa não afetou as variáveis de porta-enxerto mencionadas, devido, provavelmente, ao período em que o porta-enxerto estava sob a copa (3 meses), estando já formado.

Tabela 10: Resumo da análise de variância para as variáveis: Fitomassa das raízes (FSRaiz) (g), fitomassa do caule dos porta-enxerto (FSPE) (g), fitomassa do caule na área da enxertia (FSEnx) (g), fitomassa do caule da copa (FSCopa) (g) e relação Raiz/Parte aérea (Raiz/PA) (g/g) em função da salinidade (Sal), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Campina Grande, PB, 2010.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		FSRaiz	FSPE	FSEnx	FSCopa	Raiz/PA
Sal	4	51,5765**	29,4657**	0,4529**	21,7944**	0,5737**
Porta-enxerto (PE)	11	42,1520**	15,4788**	0,3547**	11,6992**	3,8605**
Copa	1	3,7089 ^{ns}	1,3177 ^{ns}	0,0138 ^{ns}	13,2755**	0,4728*
Sal x PE	44	2,5635**	1,3092**	0,0288**	2,2024**	0,1747*
Sal x Copa	4	0,8872 ^{ns}	0,5614 ^{ns}	0,0229 ^{ns}	0,6292**	0,2114 ^{ns}
PE x Copa	11	3,1535**	1,4476*	0,0210*	0,8138**	0,0563 ^{ns}
PE x Copa x Sal	44	1,6555*	0,5013 ^{ns}	0,0091 ^{ns}	0,2279**	0,0872 ^{ns}
Bloco	2	3,1349 ^{ns}	6,8796**	0,0279 ^{ns}	0,0095 ^{ns}	0,3811*
CV (%)		20,33	21,92	22,72	21,37	27,89
Média		5,30	3,73	0,46	0,76	1,17

^{ns} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

a) Fitomassa das raízes (FSRaiz)

Como ocorreu efeito da interação tripla, nesta variável, o estudo foi feito por meio de teste de agrupamento e teste de médias, analisando-se as melhores combinações copa/porta-enxerto, finalizando com a análise de regressão dos genótipos em destaque.

Na combinação entre o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (G1) e qualquer uma das copas (‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’), obtiveram-se as maiores médias para a fitomassa das raízes, sendo essas combinações agrupadas entre as melhores, em todos os níveis de salinidade estudados (Tabela 11), com médias entre 5 e 11g, variando em função da combinação e do nível de salinidade. Embora as plantas fossem cultivadas em recipientes fechados, o que limita o crescimento de raízes, combinações com maior formação de raízes tendem a ter um crescimento maior em campo, já que podem ser menos sujeitas aos efeitos negativos do estresse hídrico, além de possibilitar maior capacidade de absorção de nutrientes para a variedade copa (Mattos Junior et al., 2005), como é o caso das combinações de ‘Cravo’ com ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’.

Outras combinações também merecem destaque na formação da fitomassa de raízes, como é o caso de G5 (HTR – 069), G11 (TSKC x CTSW – 064) e G16 (TSKC x CTARG – 015), enxertados com ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’; tais combinações não diferiram significativamente entre si, chegando, em algumas situações, a serem superiores às obtidas nas combinações entre ‘Cravo’ com ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’. Os valores médios para estas combinações variaram entre 3,88 e 9,0 g, dependendo da combinação e do nível de salinidade (Tabela 11).

As menores médias foram obtidas nas combinações entre os porta-enxertos G2 (TSKC x CTSW – 031), G7 (citrange ‘Troyer’), G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) e G17 (TSKFL x CTTR – 013) sob copa de ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’ e no porta-enxerto G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] sob copa de ‘Star Ruby’. Os valores médios variaram entre 2,9g no citrange ‘Troyer’ com Tahiti sob salinidade S_5 (4,0 dS m^{-1}) e 5,27g nesta mesma combinação, no menor nível de salinidade (0,8 dS m^{-1}).

Soares et al. (2006) observaram, estudando a matéria seca das raízes de porta-enxertos de citros sob águas de diferentes salinidades, maiores médias no limoeiro ‘Cravo’, obtendo 5,25g de fitomassa das raízes, valor inferior ao obtido no menor nível de salinidade e superior ao obtido no maior nível, porém, os citados autores não constataram efeito da salinidade na formação de fitomassa.

Nota-se, embora tenha havido efeito da interação tripla Sal/Copa/Porta-enxerto, que a formação de fitomassa das raízes, durante o período de formação de mudas, está relacionada, principalmente, ao porta-enxerto, fato baseado no curto período em que a copa esteve sob o porta-enxerto e da diferença não significativa da copa, isoladamente (Tabela 10).

Tabela 11: Teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para fitomassa da raiz (FSRaiz) em cada nível de salinidade estudado aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.

PE	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	'Tahiti'	'Star Ruby'								
1	8,606aB	10,470aA	7,390aA	7,869aA	7,437aA	6,057bA	7,104aA	5,088aB	6,900aA	5,433aA
2	3,985bA	4,690cA	4,014bB	6,230aA	4,457bA	5,158cA	3,950bA	4,122bA	3,792bA	3,588bA
3	7,777aA	6,962cA	4,955bA	5,541bA	4,559bA	4,902cA	4,497bA	3,960bA	3,133bA	4,443bA
4	6,216bA	4,289cB	5,288bA	4,064bA	3,871bA	3,748cA	4,308bA	3,677bA	3,835bA	3,068bA
5	6,821aB	8,595bA	5,573bB	7,963aA	6,188aB	8,421aA	5,431aA	5,349aA	3,884bA	4,778aA
7	5,275bA	4,841cA	4,320bA	4,418bA	4,426bA	4,605cA	4,458bA	4,329bA	2,893bA	4,338bA
8	4,700bA	5,693cA	5,079bA	6,260aA	4,218bA	4,835cA	3,718bA	3,984bA	3,304bA	3,429bA
11	8,328aB	10,330aA	7,132aA	6,870aA	6,077aA	6,145bA	5,873aA	6,380aA	4,922aA	4,012bA
12	3,817bA	5,102cA	4,058bA	4,393bA	3,505bA	4,358cA	3,400bA	3,718bA	3,156bA	3,685bA
13	7,602aA	5,117cB	7,090aA	4,990bB	5,438aA	5,199cA	3,538bA	4,920bA	3,389bA	4,720aA
16	8,716aA	8,249bA	7,092aA	7,476aA	6,575aA	6,807bA	7,032aA	6,317aA	6,103aA	6,663aA
17	4,725bA	4,705cA	4,730bA	4,699bA	4,630bA	4,988cA	4,514bA	4,963aA	4,410aA	3,988bA

1. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); 2. TSKC {tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção 'da Flórida') x CTC25 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25}; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (híbrido trifoliado); 7. CTTR (citrange 'Troyer'); 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida'] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro 'Cravo')]; 11. TSKC x CTSW - 031; 12. LVK [limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) - 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange 'Argentina'); 17. TSKC x CTTR - 013.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal para o mesmo nível de salinidade da água não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A combinação 'Tahiti'/'Cravo' foi menos afetada com aumento da salinidade, que a combinação 'Star Ruby'/'Cravo' (Figuras 42 e 43), observando-se redução de 5,60 e 16,82% na formação de fitomassa das raízes, com aumento unitário da CE (dS m⁻¹) da água, respectivamente. A menor redução observada no limoeiro 'Cravo', quando recebem enxerto da limeira 'Tahiti', pode ter possibilitado maior crescimento da parte aérea, em comparação com as outras combinações, como observado em variáveis já mencionadas (diâmetro de caule da copa e altura de copa), mesmo sob os maiores níveis de salinidade da água.

Nos porta-enxertos G5 (HTR – 069) e G11 (TSKC x CTSW – 064) houve efeito mais expressivo da salinidade quando enxertados com ‘Star Ruby’, embora não tenha havido diferença entre copas na maioria das combinações (Tabela 11), notando-se redução de 11,08 e 14,54, 12,49 e 17,50, para ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’, respectivamente em cada porta-enxerto. Em G16 (TSKC x CTARG – 015) foi maior a redução com o ‘Tahiti’, 7,85%, comparada com a do ‘Star Ruby’, 6,79%, por aumento unitário da salinidade da água com base no menor nível de salinidade.

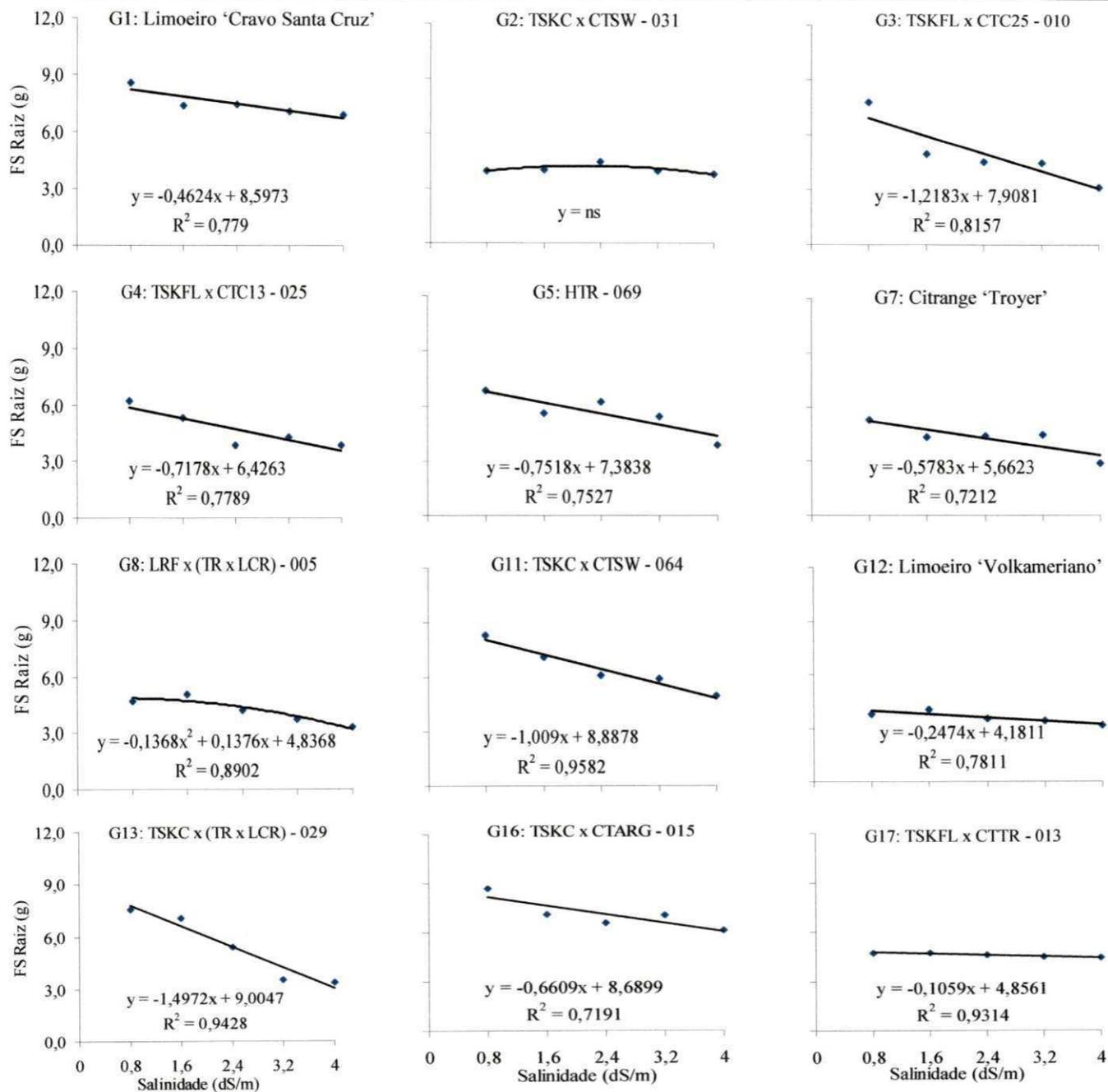
Um fato importante a se considerar é o efeito da salinidade na formação de matéria seca das raízes de algumas combinações copa/porta-enxertos, como os casos de G2, G12 e G17 sob ‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’ e G7 e G13 sob ‘Star Ruby’, pois se observaram, nesses genótipos, os menores acúmulos de fitomassa, situação desinteressante do ponto de vista de formação de mudas para campo; contudo, o aumento da salinidade não influenciou nem ocasionou redução maior que 10% com aumento unitário na CE (dS m^{-1}) da água.

Considerando que o limite para a condutividade elétrica no extrato de saturação é de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, referenciado à produção de frutos, conforme Maas (1993), e, ainda, segundo indicação de Ayers e Westcot (1999), é aceitável uma diminuição no rendimento potencial de 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 de algumas combinações copa/porta-enxerto com aptidão a serem irrigadas com águas com salinidades superiores às admitidas por Mass (1993) para as plantas em produção de frutos; porém, podem haver, ainda, questionamentos quanto ao período de submissão ao estresse estudado neste trabalho, e o tempo necessário para que a planta esteja apta a produzir. Deve-se lembrar que as mudas foram submetidas, dentro de um recipiente, ao estresse salino durante 270 dias, ao mesmo tempo em que, na região semiárida do Brasil, o período de estiagem se estende por oito meses, cerca de 240 dias, período em que se realiza irrigação e, caso se tenha, com água salina; diante disto, acredita-se no sucesso do uso de porta-enxertos como o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, HTR – 069 e limoeiro ‘Volkameriano’ entre outros, enxertados com limeira ácida ‘Tahiti’ ou pomeleiro ‘Star Ruby’, para compor pomares irrigados com água salina no semi-árido. Salientando-se, no entanto, que é importante realizar experimentos para confirmação de tais resultados.

Ressalta-se que, de maneira geral, a salinidade promoveu redução na formação de raízes dos porta-enxertos. Alguns autores têm informado que a salinidade pode tender a

aumentar o crescimento em raízes, como obtido por Zekri e Parsons (1989), aumentando a concentração de NaCl em plantas de citros; esses autores, estudando o crescimento do sistema radicular em plantas de laranjeira 'Azeda', tratadas com solução nutritiva contendo vários níveis de NaCl, em combinação com CaSO₄, CaCl₂ e KCl, observaram redução na matéria seca de raiz. Resultados obtidos por Zekri e Parsons (1990) corroboram com os observados neste trabalho, evidenciando que, na verdade, o efeito da salinidade é dependente da variedade porta-enxerto utilizada, como mencionado por Banuls et al. (1997).

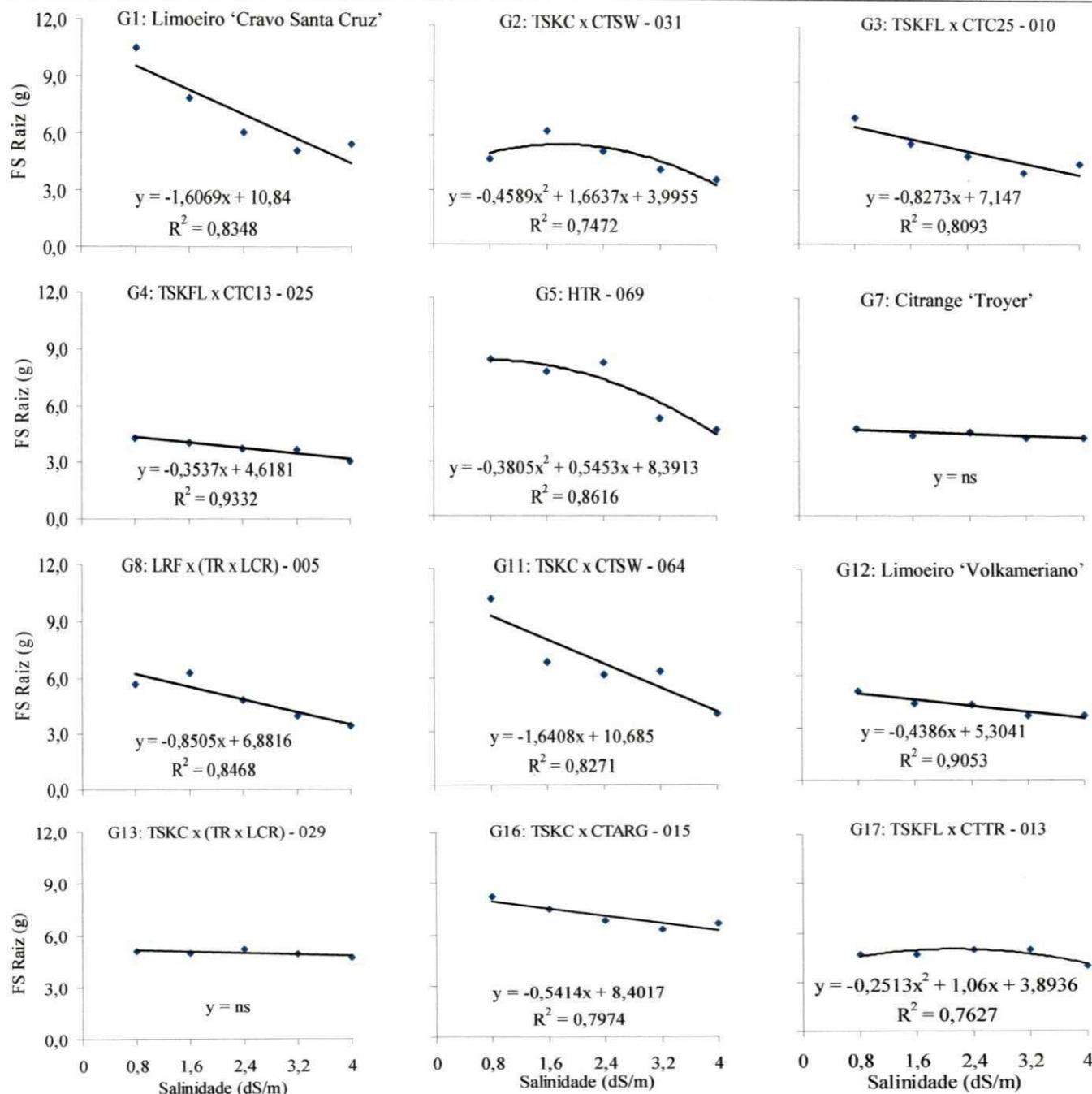
Porta-enxertos sob copa de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 42: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na fitomassa das raízes (FSRaiz) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de Tahiti. Campina Grande, PB, 2010.

Porta-enxertos sob copa de pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 43: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na fitomassa das raízes (FSRaiz) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de 'Star Ruby'. Campina Grande, PB, 2010

b) *Fitomassa do porta-enxerto (FSPE)*

Houve efeito de interações duplas (Tabela 10) entre salinidade e porta-enxerto (Sal x PE) e Porta-enxerto e Copa (PE x Copa), razão por que se estudou a diferença entre porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade e em cada variedade copa isoladamente por meio do teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$), dando-se ênfase às diferenças entre variedades copa dentro de cada porta-enxerto. Como complemento, estudou-se o efeito da salinidade nos melhores porta-enxertos.

Salientam-se, nos porta-enxertos G5 (HTR – 069) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’), as maiores formações de fitomassa na maioria dos níveis de salinidade estudados, porém, se ressalta que os porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G3 (TSKFL x CTC25 – 010) e G7 (citrange ‘Troyer’) foram agrupados entre os melhores genótipos em alguns níveis de salinidade, inclusive em S5 (maior nível de salinidade). É interessante notar que esses porta-enxertos também foram destaques entre os de melhores médias, antes de serem enxertados para a maioria das variáveis estudadas; após a enxertia os porta-enxertos também foram destaques nas variáveis diâmetro de caule do porta-enxerto e diâmetro de caule na área da enxertia, esses fatos demonstram uma ligação entre as variáveis e coerência dos dados.

Tabela 12: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) para variável fitomassa do porta-enxerto (FSPE) estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) e das copas (Tahiti e Star Ruby); teste de Tukey ($p < 0,05$) entre copas estudado em cada porta-enxerto. Campina Grande, 2010

PE	-----Salinidade-----					-----Copa-----	
	S1 (0,8 dS m ⁻¹)	S2 (1,6 dS m ⁻¹)	S3 (2,4 dS m ⁻¹)	S4 (3,2 dS m ⁻¹)	S5 (4,0 dS m ⁻¹)	Tahiti	Star Ruby
1	5,4867b	4,7750a	4,0907b	3,6167a	3,4018a	4,4415aA	4,1069bA
2	3,9563c	4,0586b	3,5646c	2,8800b	2,6385b	3,2920bA	3,5472cA
3	5,7867b	4,7832a	4,1284b	4,2239a	3,7252a	4,4398aA	4,6191bA
4	3,1811c	3,1367b	2,7551c	2,7853b	2,5999b	3,2206bA	2,5626dB
5	5,4619b	4,9217a	5,6194a	4,1573a	3,4306a	4,3260aB	5,1104aA
7	5,8535b	5,0096a	4,2416b	3,9853a	3,6643a	4,6633aA	4,4384bA
8	3,5942c	3,8150b	4,3450b	2,8124b	2,3999b	2,9453bB	3,8413cA
11	3,1381c	3,7603b	3,3797c	2,4363b	2,3689b	2,9755bA	3,0578dA
12	6,8481a	5,0240a	3,8021b	3,6238a	2,9546b	4,2661aA	4,6349bA
13	3,8951c	3,7739b	3,9189b	3,1812b	3,0316b	3,5980bA	3,5222cA
16	3,3637c	3,2605b	3,0733c	2,6216b	2,5477b	2,8745bA	3,0722dA
17	3,5813c	3,2992b	2,9225c	2,5233b	2,6222b	2,9990bA	2,9805dA

1. Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck)); 2. TSKC {tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção ‘da Flórida’) x CTC25 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25}; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (híbrido trifoliado); 7. CTTR (citrange ‘Troyer’), 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção ‘da Flórida’] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro ‘Cravo’)]; 11. TSKC x CTSW – 031; 12. LVK [limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) – 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange ‘Argentina’); 17. TSKFL x CTTR - 013.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ao se estudar os genótipos em cada variedade copa, notam-se, de forma mais expressiva, nos porta-enxertos citados, os melhores agrupamento de médias; quanto às variedades copa, não foi observada dominância, notadamente entre os melhores porta-enxertos, à exceção do HTR – 069, que teve melhor combinação com o pomeleiro ‘Star Ruby’.

Dentre os porta-enxertos agrupados entre os melhores, o limoeiro ‘Cravo’, o TSKFL x CTC13 – 010, o citrange ‘Troyer’ e o limoeiro ‘Volkameriano’, tiveram redução linear de 12,47, 10,71, 11,98 e 18,26% em fitomassa, com aumento em 1dS m^{-1} de condutividade, respectivamente, com base no menor nível de salinidade da água ($0,8\text{ dS m}^{-1}$) (Figura 44). No porta-enxerto G5 (HTR – 069), o comportamento foi quadrático, com maior fitomassa (5,40 g) estimada no nível de CE_a de $1,33\text{ dS m}^{-1}$; comparando-se este valor ao obtido no maior nível de salinidade, tem-se uma redução de 37,23%, correspondendo a, aproximadamente, 13,44% de redução por aumento unitário da CE da água a partir do nível de máximo ($1,33\text{ dS m}^{-1}$). Essas reduções com o aumento da salinidade são esperadas, já que o estresse tende a promover mudanças na fisiologia das plantas, pode estimular a realização do ajustamento osmótico, causar desbalanço nutricional ou, ainda, ocasionar algum problema de ordem tóxica (Richard, 1954; Flowers, 2004; Flowers e Flowers, 2005).

Vale lembrar que o genótipo G3 (TSKFL x CTC25 – 010), embora entre os melhores, quando estudados per se não possibilitou bom crescimento das copas, havendo, inclusive, crescimento nulo nos maiores níveis de salinidade, inferindo-se ser este genótipo desaconselhado em programas de melhoramento genético, com objetivo de obter materiais tolerantes à salinidade.

Outro fato observado, também, nesta variável, é que, porta-enxertos como G4 (TSKC x CTC13 – 025), G16 (TSKC x CTSW – 064) e G17 (TSKFL x CTTR – 013), embora possuam as menores médias, sendo agrupados entre os piores porta-enxertos, conforme teste de Scott-Knott estudado entre salinidades e entre copas (Tabela 12), sofreram as menores reduções ocasionadas pelo aumento na salinidade da água. Embora pouco apropriados para a produção de mudas destinadas ao transplante em campo, estes porta-enxertos podem ser usados em programas de melhoramento genético visando à obtenção de materiais tolerantes à salinidade, considerando-se, ainda, que se notou comportamento semelhante em outras variáveis quando combinados com as variedades copa. Deve-se ressaltar que o comportamento dos híbridos mencionados, pode ter sido influenciado pelo desenvolvimento

natural desses genótipos, a exemplo, o híbrido TSKC x CTSW – 064, em combinação com copas de laranjeira ‘Valencia’ apresentou tendência de redução no porte das plantas, conforme verificado por Soares Filho et al., (2009).

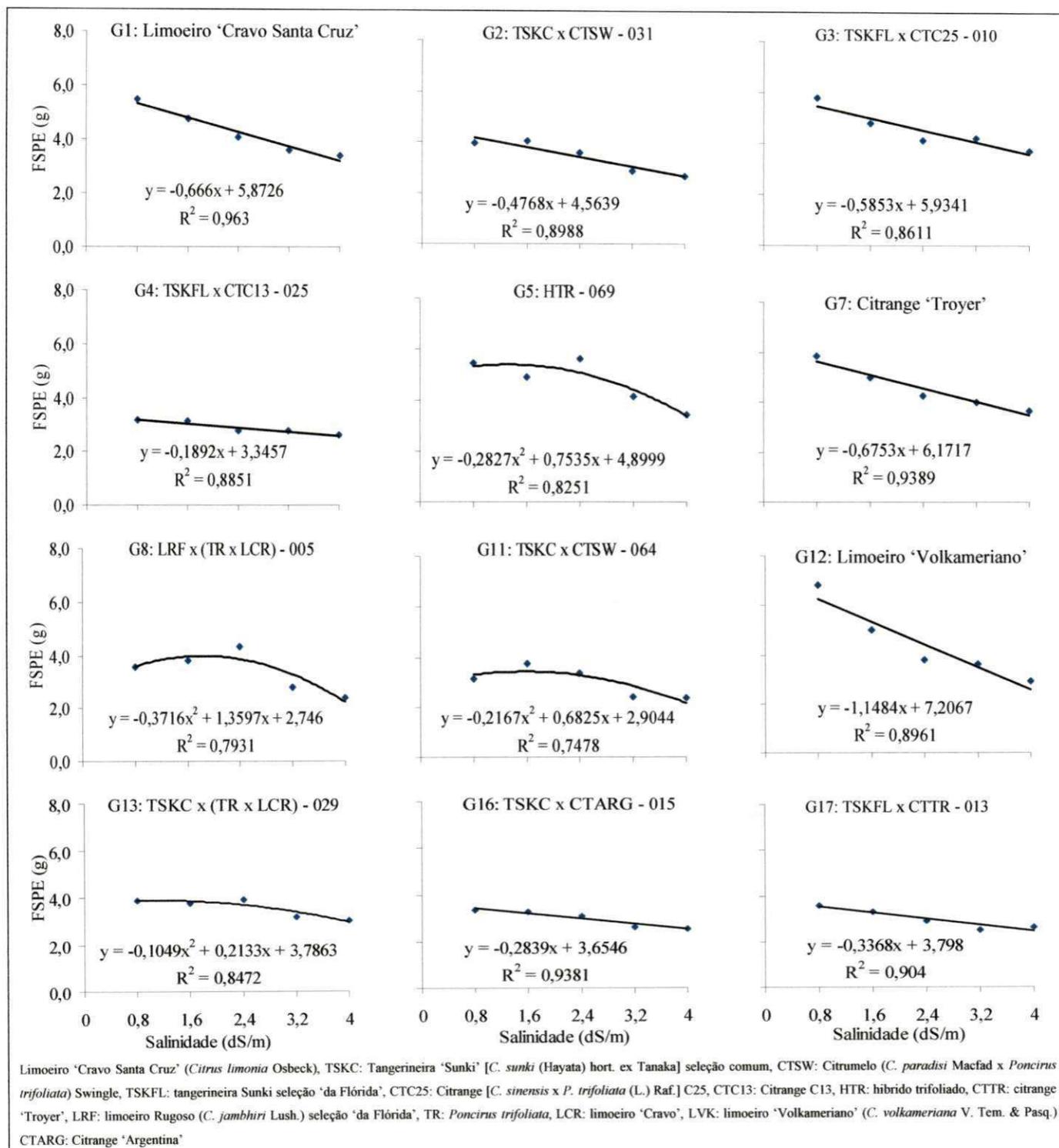


Figura 44: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na fitomassa de porta-enxerto (FSPE) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado considerando a média das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.

c) *Fitomassa da enxertia (FSEnx)*

Nesta variável, as fontes de variação significativas foram semelhantes às observadas para a fitomassa do caule dos porta-enxerto, notando-se efeito da interação entre salinidade e porta-enxerto e entre copa/porta-enxerto; ressalta-se que a fitomassa de caule no ponto de enxertia é proveniente do somatório da massa do porta-enxerto no ponto de enxertia com a massa da borbulha em crescimento, sendo maior a participação daquela, pois a borbulha está em crescimento.

Os porta-enxertos agrupados entre as melhores médias foram os mesmos para a fitomassa do porta-enxerto e alguns, também, agrupados na variável diâmetro de caule no ponto de enxertia, denotando-se relação; os melhores genótipos foram o G1 (limoeiro ‘Cravo’), G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G5 (HTR – 069), G7 (citrange ‘Troyer’) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) (Tabela 13).

Tal comportamento pode significar, também, que as variedades copa não possuem incompatibilidade com os porta-enxertos, pois, quando ocorre incompatibilidade, há um aumento expressivo no acúmulo de fitomassa na região da enxertia, caracterizando a anomalia fisiológica denominada ‘pata de elefante’, fato que seria identificado pelo aumento no diâmetro de caule no ponto de enxertia.

Tabela 13: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) para variável fitomassa da enxertia (FSEnx) estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) e das copas (Tahiti e Star Ruby); teste de Tukey ($p < 0,05$) entre copas estudado em cada porta-enxerto. Campina Grande, PB, 2010.

PE	-----Salinidade-----					-----Copa-----	
	S1 (0,8 dS m ⁻¹)	S2 (1,6 dS m ⁻¹)	S3 (2,4 dS m ⁻¹)	S4 (3,2 dS m ⁻¹)	S5 (4,0 dS m ⁻¹)	‘Tahiti’	‘Star Ruby’
1	0,9250a	0,7972 ^a	0,5735b	0,4816a	0,5066a	0,6554aA	0,6581aA
2	0,4016c	0,4759c	0,3486c	0,3228b	0,2682b	0,3747dA	0,3521dA
3	0,7253b	0,6200b	0,5234b	0,5466a	0,5090a	0,6160aA	0,5537bA
4	0,4309c	0,3697d	0,3769c	0,4087a	0,3546b	0,4216cA	0,3547dA
5	0,7447b	0,6686b	0,7289a	0,4563a	0,4145a	0,5681bA	0,6371aA
7	0,6161b	0,5385c	0,4668c	0,3923a	0,3458b	0,4523cA	0,4915cA
8	0,4267c	0,5131c	0,4967b	0,3733b	0,3158b	0,3676dB	0,4826cA
11	0,3787c	0,4451d	0,3839c	0,2951b	0,3004b	0,3666dA	0,3547dA
12	0,7469b	0,5978b	0,5501b	0,4441a	0,4148a	0,5334bA	0,5680bA
13	0,4020c	0,5430c	0,4552c	0,4090a	0,3762b	0,4321cA	0,4421dA
16	0,3943b	0,3817d	0,3850c	0,3076b	0,2763b	0,3307dA	0,3673dA
17	0,3856b	0,3817d	0,3387c	0,3292b	0,3483b	0,3440dA	0,3694dA

1. Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck)); 2. TSKC {tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção ‘da Flórida’) x CTC25 [Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25]; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (híbrido trifoliado); 7. CTTR (citrange ‘Troyer’); 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção ‘da Flórida’] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro ‘Cravo’)]; 11. TSKC x CTSW – 031; 12. LVK [limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) – 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange ‘Argentina’); 17. TSKFL x CTTR – 013.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal no mesmo nível de salinidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As maiores reduções com aumento na salinidade foram observadas nos porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo’), G3 (TSKFL x CTC25 -010), G7 (citrange ‘Troyer’) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’), registrando-se 16,24, 9,22, 14,08 e 14,30% de redução na formação de fitomassa de caule do ponto de enxertia, por aumento unitário na salinidade da água (CE em dS m^{-1}), com base em S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 45). Salienta-se que esses porta-enxertos foram agrupados entre os melhores na maioria das salinidades, porém foram os mais afetados por ela nesta variável. No porta-enxerto G5 (HTR – 069), o efeito foi quadrático, mas, após o nível de salinidade de maior crescimento ($0,56 \text{ dS m}^{-1}$), ocorreu redução em 47,39% na fitomassa, comparando-se os valores estimados no nível de máximo ($0,56 \text{ dS m}^{-1}$) e o de maior salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Menores efeitos da salinidade foram observados em G4 (TSKFL x CTC13 – 025), G11 (TSKC x CTSW – 064), G13 [TSKC x (TR x LCR) -029] e G17 (TSKFL x CTTR – 013) (Figura 45); dentre os quais, foi notório o comportamento quadrático com aumento da salinidade da água nos porta-enxertos G11 e G13, com máximo em formação de fitomassa do caule do ponto de enxertia nas salinidades $1,25$ e $2,06 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Comparando-se os resultados de fitomassa obtidos nessas salinidades, com os do maior nível, têm-se reduções de 31,16 e 26,65%. O genótipo G4 não sofreu efeito significativo da salinidade da água, o que demonstra seu potencial enquanto porta-enxerto; contudo, é interessante lembrar que as variedades copa, sobre o genótipo citado, não conseguiram crescer quando houve aumento no nível de salinidade, acima de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$, notadamente o ‘Tahiti’, tornando-se desinteressante para a produção de mudas destinadas a campo para serem irrigadas com água salina; o fato de não ter sofrido influência pode estar relacionado a uma participação maior do porta-enxerto na fitomassa. Em G17 (TSKFL x CTTR – 013) confirmou-se o que vem sendo observado em outras variáveis, pois, embora não tenha o melhor crescimento, houve baixa redução, cerca de 4,16% na fitomassa, com aumento unitário (dS m^{-1}) da salinidade da água.

Tal fato é uma evidência do potencial do estresse salino em reduzir o crescimento de porta-enxertos e da sua importância no sucesso do cultivo de citros, notadamente sob condições de irrigação com água salina, situação também reportada por Alijuburi (1996), informando que a salinidade influencia a matéria seca do caule e das folhas e a extensão dos efeitos independente dos porta-enxertos, sendo alguns tolerantes e outros susceptíveis, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho; a ocorrência também é confirmada

por Fernandez-Ballester et al. (1998), concluindo que o grau de redução no crescimento, de severo para moderado, depende do porta-enxerto usado.

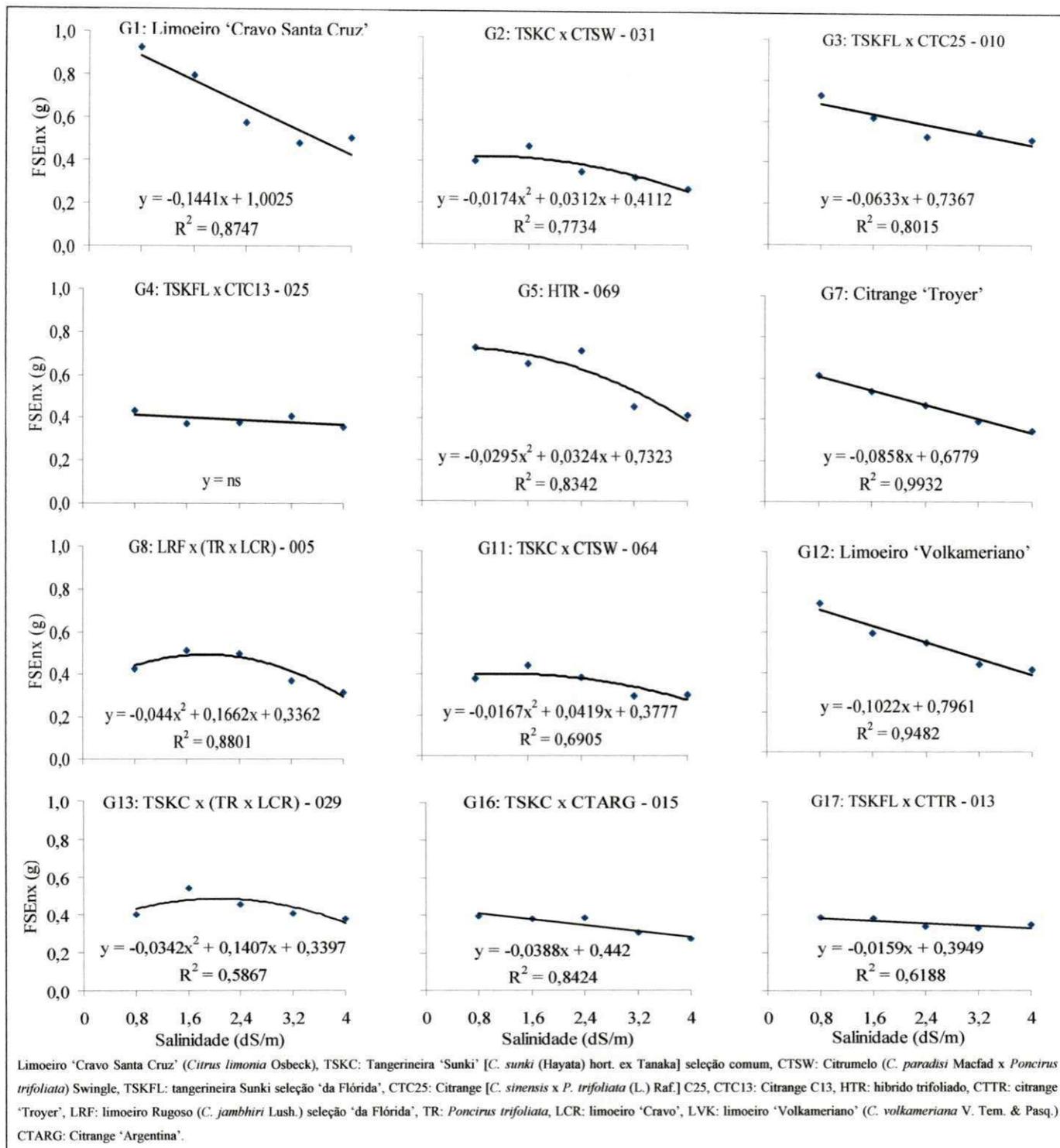


Figura 45: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na fitomassa na enxertia (FSEnx) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado considerando a média das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.

d) *Fitomassa da copa (FSCopa)*

Conforme análise de variância, disposta na Tabela 10, houve efeito da interação tripla salinidade x porta-enxerto x copa; por esta razão, foram estudadas as diferenças entre as combinações copa/porta-enxerto em cada nível de salinidade, destacando-se as melhores, seguindo de análise de regressão de cada copa/porta-enxerto em função da salinidade da água.

Na Tabela 14 tem-se o teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) para porta-enxertos em cada nível de salinidade por copa e o teste de Tukey ($p < 0,05$) para copa estudada dentro de salinidade/porta-enxerto, notando-se alternância entre os porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G5 (HTR – 069) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) entre os melhores grupos de porta-enxertos enxertados com ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’; nas combinações de copas com os porta-enxerto G5 e G12, as médias obtidas com a copa de ‘Star Ruby’ foram superiores, na maioria das salinidades, não se constatando dominância de copas enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’.

Tabela 14: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para fitomassa da copa (FSCopa) dentro de cada nível de salinidade estudada (S1 a S5) aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.

PE	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	Tahiti	Star Ruby								
1	3,2667bB	5,6633aA	2,8500aA	2,4710bB	1,0272bB	1,8867bA	0,1867bB	0,7467bA	0,2667aA	0,5150bA
2	0,2867gB	0,7439fA	0,2722dB	0,7770dA	0,2857dA	0,7467cA	0,1108bB	0,6553cA	0,1033bB	0,5150bA
3	0,4667fA	0,6250fA	0,1058dA	0,1956eA	0,0975dA	0,0546dA	0,0133bA	0,0251dA	0,0300bA	0,0142cA
4	1,8167dA	1,9300dA	0,6694cA	0,5656dA	0,1390dA	0,2903dA	0,0362bA	0,0792dA	0,0325bA	0,0550cA
5	2,5567cB	3,4733cA	2,0267bB	3,7867aA	1,6644aB	2,4267aA	0,2127bB	1,5067aA	0,4550aB	1,5383aA
7	0,7867eB	1,2807eA	0,2413dB	0,7733dA	0,0997dB	0,6050cA	0,0543bB	0,5190cA	0,0491bB	0,4374bA
8	0,4852fA	0,7251fA	0,4600dA	0,6667dA	0,6067cA	0,3883dA	0,0400bA	0,1511dA	0,0500bA	0,0586cA
11	0,2563gB	1,2093eA	0,3700dB	0,8728dA	0,4442cA	0,6441cA	0,3167aA	0,5694cA	0,1048bA	0,3060bA
12	3,8317aB	4,3733bA	0,9943cB	1,8348cA	0,9931bA	0,9513cA	0,5137aB	0,8792bA	0,2513aA	0,4033bA
13	0,1698gB	1,8443dA	0,2010dB	0,6133dA	0,2457dB	0,6820cA	0,1377bA	0,3165cA	0,0933bA	0,0967cA
16	0,8343eA	0,8928fA	0,6540cA	0,4333dA	0,5727cA	0,3370dA	0,3457aA	0,4469cA	0,1717bA	0,2937bA
17	0,2430gB	1,0567eA	0,2892dB	0,7048dA	0,1858dA	0,3393dA	0,1990bA	0,3457cA	0,1464bA	0,2420bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, no mesmo nível de salinidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As combinações mencionadas também foram superiores nas variáveis altura de copa e diâmetro de copa, justificando seus potenciais de crescimento, mesmo sob estresse salino. Donato et al (2007) também identificaram, estudando diferentes combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico, maior potencial de crescimento das variedades copa quando enxertadas sobre limoeiro Cravo, corroborando com os resultados evidenciados neste trabalho, já que o estresse hídrico é um dos componentes do estresse salino. Essa superioridade na formação de fitomassa da copa para o limoeiro ‘Cravo’, também foi observada por Soares et al. (2006), contudo, no trabalho desses autores a diferença não foi significativa. Um híbrido trifoliado, assim como o HTR – 069, foi considerado por Peixoto et al. (2006) como de menor sensibilidade ao déficit hídrico, qualificando-o para ser utilizado como porta-enxerto em combinação com diferentes copas cítricas comerciais, em futuros estudos, sob condições de estresse hídrico; neste sentido e sabendo que na salinidade ocorre, também, o estresse hídrico, endossa-se a hipótese dos autores, já que, combinando-se o híbrido trifoliado com as variedades copa de Tahiti e, principalmente, Star Ruby, obtiveram-se os melhores resultados de fitomassa da copa, mesmo sob altas concentrações de sais na água.

É interessante notar que porta-enxertos como G3 (TSKFL x CTC25 -010) e G4 (TSKFL x CTC13 – 025), nos quais se observaram boas formações de matéria seca durante a fase de formação do porta-enxerto, tiveram fitomassa de copa nula nos maiores níveis de salinidade da água, quando enxertados, sendo considerados de baixo potencial para compor combinações copa/porta-enxertos destinadas à produção em campo sob condições de irrigação com água salina. Como já mencionado, o aumento na condutividade elétrica da água aumentou a concentração de sais no substrato, contudo isso aconteceu de forma gradual, pois, enquanto o porta-enxerto se encontrava em fase de crescimento inicial (formação do “cavalinho”), assim, provavelmente, desenvolveu mecanismos de adaptação ao estresse salino para continuar a crescer; uma dessas adaptações pode ser o acúmulo de sais no vacúolo das células de folhas velhas (Taiz e Zeiger, 2009); com a enxertia, um novo tecido tentou se estabelecer, porém, como não tinha passado por um processo de endurecimento, o tecido, ainda tenro, não conseguiu crescer e formar matéria seca, ou a fitomassa acumulada foi muito pequena.

Outras combinações que tiveram baixa formação de matéria seca de copa foram G2 (TSKC x CTSW – 031), G11 (TSKC x CTSW – 064) e G17 (TSKFL x CTTR – 013) sob

copas de ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’, e nos porta-enxertos G8 [LRF x (TR x LCR) – 005] e G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] sob copa de Tahiti. Entretanto, nesta situação, o crescimento dos porta-enxertos foi considerado baixo, mesmo nos menores níveis de salinidade, evidenciando o baixo sinergismo com as variedades copa.

Na Figura 46 tem-se algumas imagens dos porta-enxertos, irrigados com água de baixa ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e alta condutividade elétrica ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), podendo-se observar as diferenças entre as combinações além da ocorrência, nos maiores níveis de salinidade, de injúrias nas folhas ou morte dos enxertos, podendo este fato estar relacionado a problemas de toxidez ocasionada, possivelmente, pelo CI, além do efeito osmótico ou de ordem nutricional causado pela salinidade.

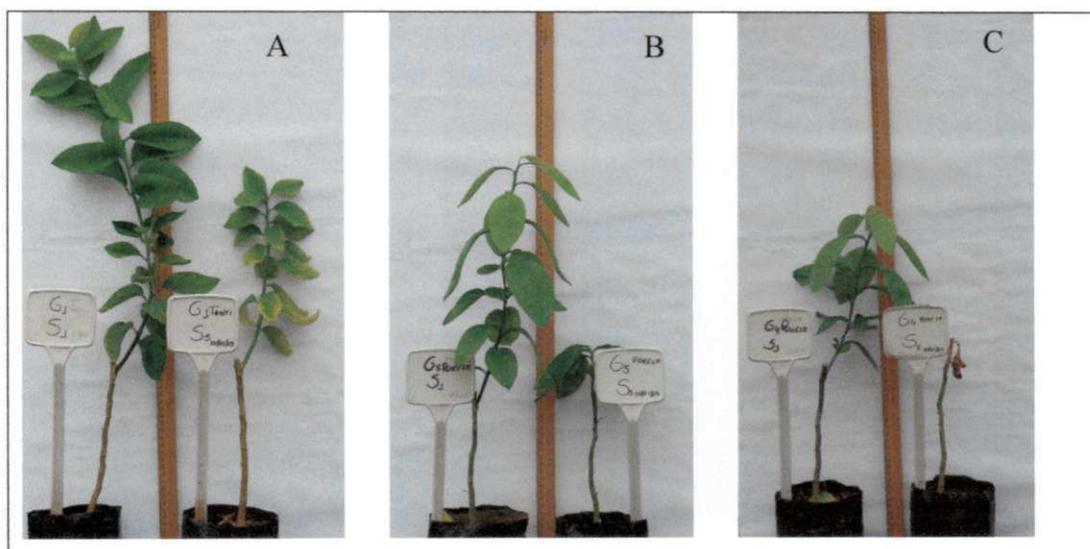


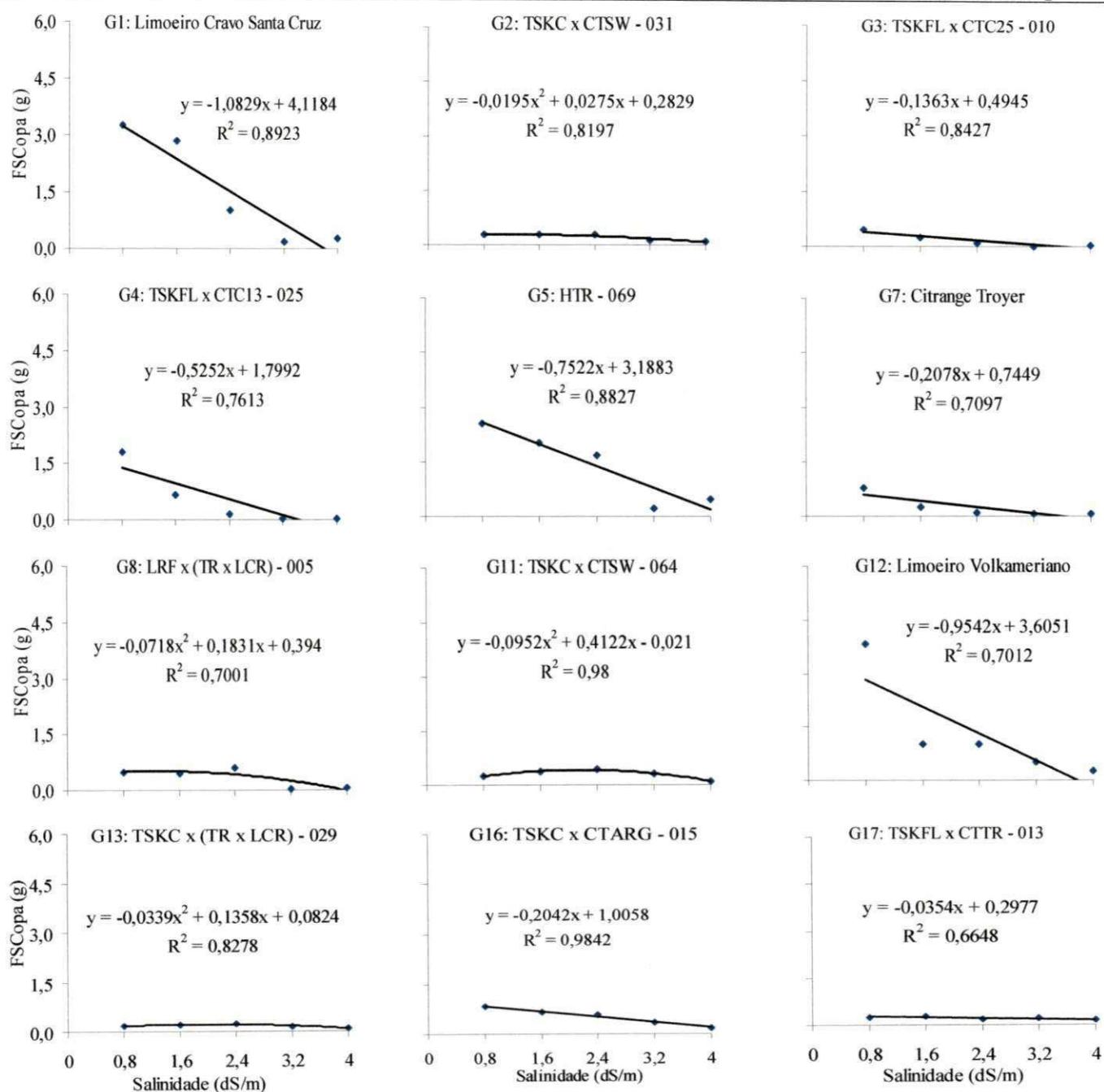
Figura 46: Comparação entre algumas combinações copa/porta-enxerto sob S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e S5 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) aos 330 dias após semeadura; (A) G1-limeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonea* Osbeck) enxertado com limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], (B) G5-Híbrido trifoliado (HTR) – 069 sob pomeleiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad) e (C) G4- TSKFL {tangerineira Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção ‘da Flórida’} x CTC13 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C13} – 025 sob o ‘Star Ruby’. Campina Grande, PB, 2010.

Estudando-se o efeito da salinidade nas combinações, nota-se mais expressiva redução quando os porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo’), G5 (HTR – 069) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’) foram enxertados com ‘Tahiti’, registrando-se decrementos de 33,29, 29,08 e 33,58%, respectivamente, em fitomassa da copa, com aumento unitário da CE (dS m^{-1}) da água, com base em S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) (Figuras 47 e 48). Nesses porta-enxertos, sob copa de

‘Star Ruby’, as reduções foram de 32,24, 20,34 e 28,49%, com aumento unitário da CE_a ($dS\ m^{-1}$), respectivamente, com base em S1, demonstrando a susceptibilidade das combinações ao estresse salino, já que o aumento na concentração de sais da água tende a diminuir o potencial hídrico de água no solo, fazendo com que a planta gaste energia para reduzir o potencial de água em suas células, competindo com o processo de produção de fotoassimilado e, em consequência, o crescimento vegetal (Taiz e Zeiger, 2009).

Como mencionado em outras variáveis, o porta-enxerto G17, embora com baixo crescimento, tem alto potencial para compor programas de melhoramento genético, verificando-se nas combinações entre ele e a limeira ácida ‘Tahiti’, a menor redução, 12,50%, com aumento unitário na salinidade da água, em relação ao menor nível de salinidade.

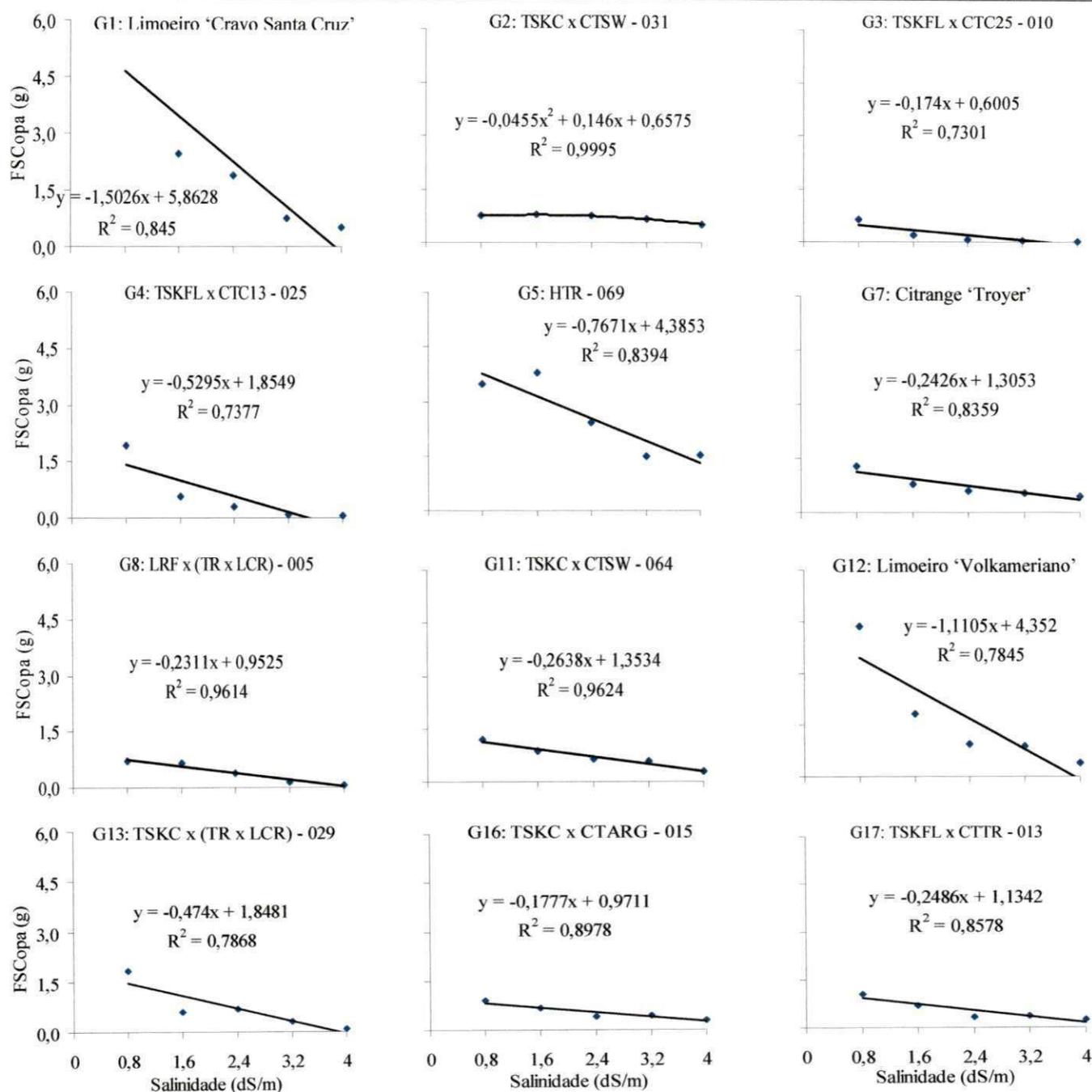
Porta-enxertos sob copa de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 47: Efeito da salinidade da água (ds m⁻¹) na fitomassa da copa (FSCopa) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de Tahiti. Campina Grande, 2010

Porta-enxertos sob copa de pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 48: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na fitomassa da copa (FSCopa) (g) aos 330 dias após semeadura (DAS), em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de pomeleiro 'Star Ruby'. Campina Grande, PB, 2010.

e) Relação Raiz/Parte Aérea

Constatou-se, nesta variável, conforme o teste F disposto na Tabela 10, efeito isolado da salinidade e diferença entre porta-enxerto, bem como efeito da interação entre estas fontes de variação, fato que pode estar relacionado à maior participação da fitomassa do porta-enxerto na fitomassa da parte aérea.

Na Tabela 15 tem-se o teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,05$), no qual se constata os maiores valores de R/PA no porta-enxerto G11 (TSKC x CTSW – 064) e G16 (TSKC x CTARG – 015), variando entre 1,4 e 2,3 g g^{-1} , conforme genótipo e nível de salinidade da água. Brito (2007), estudando esses genótipos, sob estresse salino, durante a fase de formação de porta-enxertos, obteve-se as maiores relações também nesses materiais corroborando com os resultados aqui demonstrados; apesar disto, os valores mencionados por esse autor variaram entre 0,4 e 0,6 g g^{-1} , o que, na verdade, é esperado, já que o autor estudou apenas o porta-enxerto que, ao proceder à avaliação, estava com maior porte que o sistema radicular, uma vez que este estava limitado a um tubete de 288 mL, fato que, possivelmente, seria observado neste trabalho caso tivéssemos obtido a relação raiz/parte aérea somente do porta-enxerto antes de ser transplantado.

A relação raiz/parte aérea está intimamente relacionada com a relação fonte e dreno, haja vista que, de um lado, se tem o sistema radicular como armazenador de carboidratos de reserva e produtor de metabólitos secundários e, do outro lado, a parte aérea com sua área foliar fotossintetizante, local de formação de carboidratos a serem metabolizados e armazenados (Taiz e Zeiger, 2009); todavia, é importante notar que o sistema radicular tem, dentre outras funções, a capacidade de suprir a parte aérea com água e nutrientes, essenciais ao processo fotossintético, garantindo a integridade vegetal. É conveniente citar que cada espécie tem, em uma fase de desenvolvimento de seu ciclo, uma relação raiz/parte aérea padronizada, contudo, uma mudança no meio pode fazer com que a planta modifique esta relação para se adaptar a situação (Larcher, 2006).

Nota-se, em relação ao efeito da salinidade, que o aumento na condutividade elétrica tendeu a aumentar a relação raiz/parte aérea na maioria dos porta-enxertos estudados (Figura 49), dentre eles o G16 (TSKC x CTARG – 015), com incremento de 8,08% na relação com aumento unitário (dS m^{-1}) na salinidade da água, em comparação com S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$), significando que o sistema radicular foi menos afetado que a parte aérea, já que nas análises

dos componentes desta variável, e para este porta-enxerto, ocorreu redução com aumento da CE (dS m^{-1}) da água.

Tabela 15: Teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,05$) entre porta-enxerto (PE) para relação raiz/parte aérea, estudada em função dos níveis de salinidade (S1 a S5) com a média das variedades copa aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.

PE	S1 ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$)	S2 ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$)	S3 ($2,4 \text{ dS m}^{-1}$)	S4 ($3,2 \text{ dS m}^{-1}$)	S5 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$)
1	0,8721b	0,9310b	1,1281b	1,3274b	1,4370b
2	0,8884b	1,0364b	1,0857b	1,1267b	1,1974c
3	1,0405b	0,9627b	1,0120b	0,8972b	0,8931c
4	0,9472b	1,1322b	1,2099b	1,2268b	1,1407c
5	0,8571b	0,8156c	0,8885b	1,0023b	0,9136c
7	0,7003c	0,7353c	0,9038b	1,0163b	0,8989c
8	1,1292b	1,1755b	1,1800b	1,1909b	1,3000c
11	2,2682a	1,4743a	1,4905a	1,9822a	1,5606b
12	0,3747c	0,6370c	0,7648b	0,7591b	0,9354c
13	1,2830b	1,3013a	1,1953b	1,1330b	1,1001c
16	1,8155a	1,7432a	1,7480a	2,0325a	2,2117a
17	1,1231b	1,0658b	1,3921a	1,6608a	1,5172b

1. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); 2. TSKC {tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção 'da Flórida') x CTC25 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25}; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (híbrido trifoliado); 7. CTTR (citrange 'Troyer'); 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida'] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro 'Cravo')]; 11. TSKC x CTSW - 031; 12. LVK [limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) - 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange 'Argentina'); 17. TSKFL x CTTR - 013.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$);

Em G11 (TSKC x CTSW - 064), porém, a relação raiz/parte aérea foi reduzida com o aumento na salinidade; assim, considerando-se que a salinidade diminui o crescimento da copa e do sistema radicular neste porta-enxerto, nota-se, na verdade, maior efeito da salinidade no sistema radicular, indicando que, possivelmente, uma das formas de se adaptar ao estresse seja inibir a absorção ou a acumulação de sais nas raízes, para posterior suberização (Taiz e Zeiger, 2009).

Existem discussões sobre a importância da relação raiz/parte aérea; para Marschner (1995), um maior crescimento radicular pode levar à exploração de um volume maior do solo, favorecendo a absorção de água e de elementos essenciais, sendo particularmente importantes em solos com limitada capacidade de fornecimento de nutrientes; por outro lado, a situação sob condições de salinidade também pode levar a uma absorção de íons Na^+ e Cl^- , em níveis tóxicos, prejudicando o crescimento da planta como um todo (Lacerda, 2000).

Ante estes fatos se nota, quando se relacionam os porta-enxertos com maiores incrementos na relação raiz/parte aérea, o G1 (limoeiro Cravo) e o G12 (limoeiro Volkameriano), que a salinidade reduziu de forma mais expressiva a fitomassa da copa, confirmando o que é informado por Lacerda, sob condições de estresse salino.

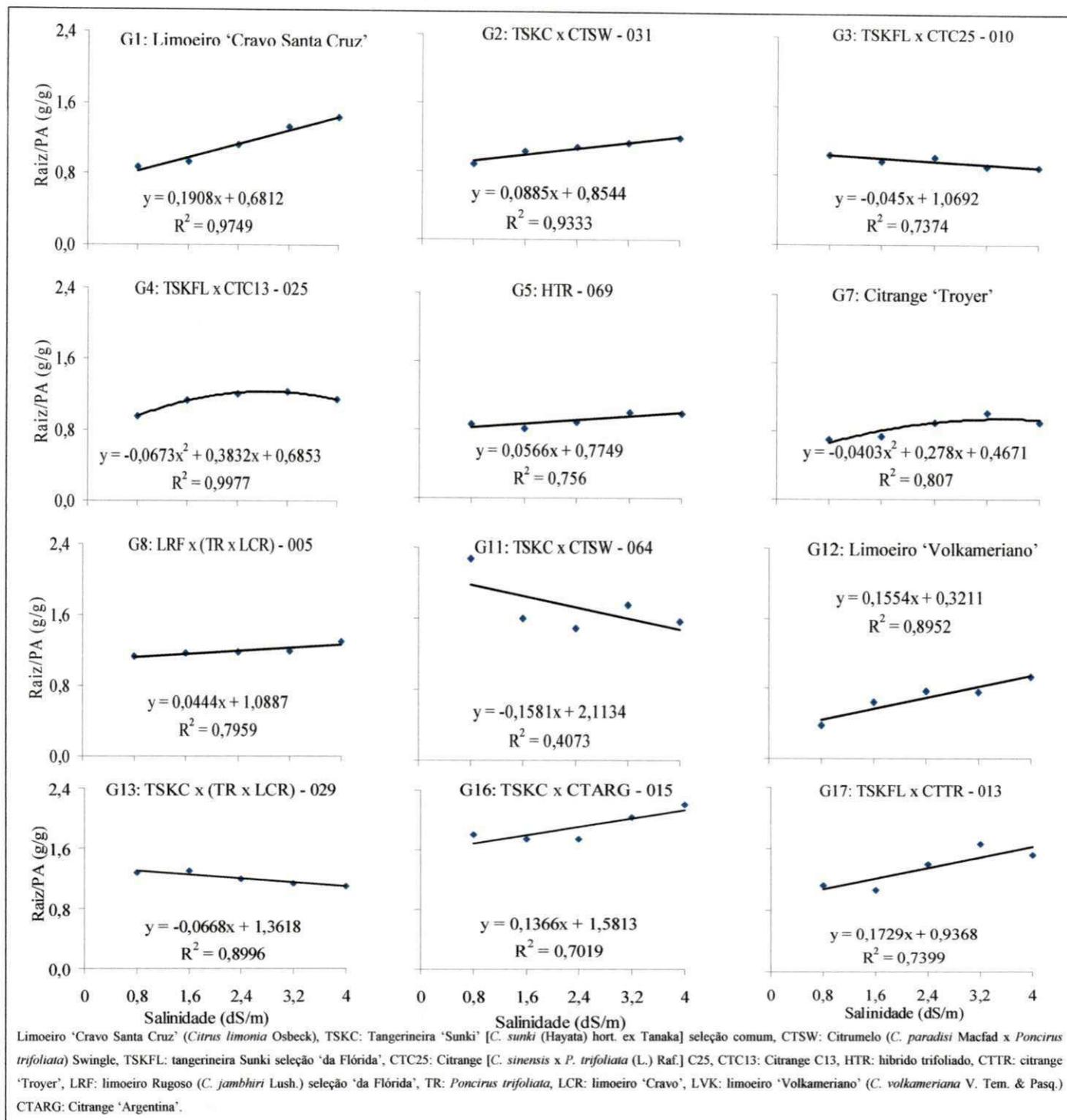


Figura 49: Efeito da salinidade da água (dS m^{-1}) na relação raiz/parte aérea (g g^{-1}) aos 330 dias após semeadura DAS em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado em função da salinidade da água com a médias das variedades copa. Campina Grande, PB, 2010.

6.1.5. Seleção das combinações copa/porta-enxerto

Como critério de seleção das combinações copa/porta-enxertos, optou-se por estudar o percentual de sobrevivência, em razão desta variável estar relacionada, diretamente, com a quantidade de plantas produzidas em um viveiro de citros, observando-se que um índice maior de sobrevivência implica na economia de espaço e recursos para garantia de sucesso no empreendimento. Singh (2003) informa, em sua revisão sob salinidade em plantas de citros, que o índice de sobrevivência é um bom parâmetro de avaliação e seleção de combinações copa/porta-enxertos de citros sob tais condições.

Na Tabela 16 têm-se os dados da análise de variância, teste F, para a percentagem de sobrevivência das combinações copas/porta-enxertos citros, sob estresse salino, notando-se diferenças para porta-enxertos e copa e efeito significativo da salinidade; destacam-se, também, interações entre salinidade e porta-enxerto, salinidade e copa e entre porta-enxerto e copa, não ocorrendo, contudo, efeito significativo da interação tripla (Sal x PE x Copa). Entretanto, como houve significância entre todas as interações duplas, realizaram-se análise dos porta-enxertos dentro de cada salinidade/copa, por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott de médias ($p < 0,05$), e análise das copas em cada salinidade/porta-enxerto, através de teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) e, posteriormente, foi realizada análise de regressão de cada combinação copa/porta-enxerto em função dos níveis de salinidade.

Tabela 16: Resumo da análise de variância para a percentagem de sobrevivência (% sobrevivência) em função da salinidade da água (Sal), porta-enxertos (PE), variedades copa (copa) de citros e as interações. Campina Grande, PB, 2010.

Causas de variação	GL	QM
		% Sobrevivencia
Sal	4	24597,0527 ^{**}
Porta-enxerto (PE)	11	8909,0565 ^{**}
Copa	1	31772,0111 ^{**}
Sal x PE	44	1394,8179 ^{**}
Sal x Copa	4	362,0805 [*]
PE x Copa	11	2132,2353 ^{**}
PE x Copa x Sal	44	176,7972 ^{ns}
Bloco	2	45,4527 ^{ns}
CV (%)		18,62
Média		63,97

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Nas combinações entre os porta-enxertos G1 (limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), G5 (HTR – 069) e G12 (limoeiro ‘Volkameriano’), enxertados com ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’, notam-se as maiores médias, estando os mesmos agrupados entre os melhores genótipos, na maioria dos níveis de salinidade. Considerando-se o potencial dessas combinações, nas variáveis de crescimento, durante a fase de formação de porta-enxerto e após a enxertia, acredita-se na sua indicação para compor sistemas de produção de mudas de citros com uso de água salina, lembrando que mais de 60% das plantas sobreviveram a irrigação com água de CE de 4,0 dS m⁻¹.

É necessário ressaltar que não houve grande diferença entre copas, na maioria das combinações estudadas, em cada nível de salinidade, porém, deve-se notar que o maior percentual de sobrevivência, em termos de valores, foi constatado no pomeleiro ‘Star Ruby’, fato relacionado por Adnan (2004) devido ao seu maior grau de tolerância à salinidade; todavia, revendo-se os dados das variáveis de crescimento, durante o processo de formação de mudas após a enxertia, constatou-se, para a maioria das combinações, maiores valores nas copas de ‘Tahiti’; desta forma, a escolha da variedade copa fica a critério do produtor, devendo-se levar em consideração, principalmente, as condições de mercado.

Os menores percentuais de sobrevivência foram observados em G13 [TSKC x (TR x LCR) – 029] e G17 (TSKFL x CTTR – 013), quando enxertados com limeira ‘Tahiti’, notando-se valores entre 10 e 40% de sobrevivência, conforme o porta-enxerto e o nível de salinidade. Dos porta-enxertos G3 (TSKC x CTC25 – 010) e G4 (TSKC x CTC13 – 025), sob copa de ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’, a ação do maior teor de sais nas águas nenhuma planta sobreviveu, ou seja, os enxertos não conseguiram crescer, em virtude do aumento na concentração de sais, e morreram, o que acarretou um grande vazio nas parcelas experimentais compostas dessas combinações, como observado na Figura 50.

Tabela 17: Teste de agrupamento de médias (Scott Knott, $p < 0,05$) entre porta-enxertos (PE) e teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) entre variedades copa (Tahiti e Star Ruby), para percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) em cada nível de salinidade estudado (S1 a S5) aos 330 dias após semeadura (DAS). Campina Grande, PB, 2010.

P.E.	S1 (0,8 dS m ⁻¹)		S2 (1,6 dS m ⁻¹)		S3 (2,4 dS m ⁻¹)		S4 (3,2 dS m ⁻¹)		S5 (4,0 dS m ⁻¹)	
	Star		Star		Star		Star		Star	
	Tahiti	Ruby	Tahiti	Ruby	Tahiti	Ruby	Tahiti	Ruby	Tahiti	Ruby
1	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	96,3aA	100,0aA	75,7aA	73,1bA	79,2aA	67,5aA
2	47,8bB	86,0bA	61,7bB	88,9aA	44,4cB	93,3aA	38,8cB	86,7aA	28,7cB	75,0aA
3	89,7aA	85,7bA	42,5cA	62,1bA	33,3cA	38,4cA	0,0dA	0,0dA	0,0dA	0,0cA
4	85,7aA	88,9bA	83,3aA	84,1bA	80,0bA	80,0bA	0,0dB	30,2cA	0,0dA	0,0cA
5	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	65,1bA	80,1aA	63,9bA	76,4aA
7	46,3bB	91,7aA	61,1bB	100,0aA	44,3cB	83,3bA	28,3cB	84,0aA	25,0cB	76,2aA
8	88,9aA	100,0aA	83,3aA	93,3aA	68,9bA	75,0bA	8,3dA	16,7cA	11,1cA	16,7bA
11	88,9aA	85,7bA	88,9aA	80,0bA	76,7bA	83,3bA	25,0cB	75,0bA	9,2cA	21,1bA
12	83,3aA	100,0aA	85,0aA	100,0aA	88,9aA	100,0aA	91,7aA	100,0aA	88,0aA	66,7aB
13	34,4cB	81,1bA	36,3cB	95,8aA	42,1cB	71,9bA	25,3cB	69,4bA	14,0cA	36,1bA
16	53,7bB	76,1bA	52,7bB	77,2bA	50,0cA	68,3bA	49,3bB	70,6bA	40,0cB	59,7aA
17	38,9cB	78,4bA	39,4cB	80,6bA	38,3cB	76,7bA	35,0cB	61,4bA	33,3cA	52,0aA

1. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck)); 2. TSKC (tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum) x CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle]; 3. TSKFL (tangerineira Sunki seleção 'da Flórida') x CTC25 [Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25]; 4. TSKFL x CTC13 (Citrange C13); 5. HTR (hibrido trifoliado); 7. CTTR (citrange 'Troyer'); 8. LRF [limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida'] x [TR (*Poncirus trifoliata*) x LCR (limoeiro 'Cravo')]; 11. TSKC x CTSW - 031; 12. LVK [limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)]; 13. TSKC x (TR x LCR) - 029; 16. TSKC x CTARG (Citrange 'Argentina'); 17. TSKFL x CTTR - 013.

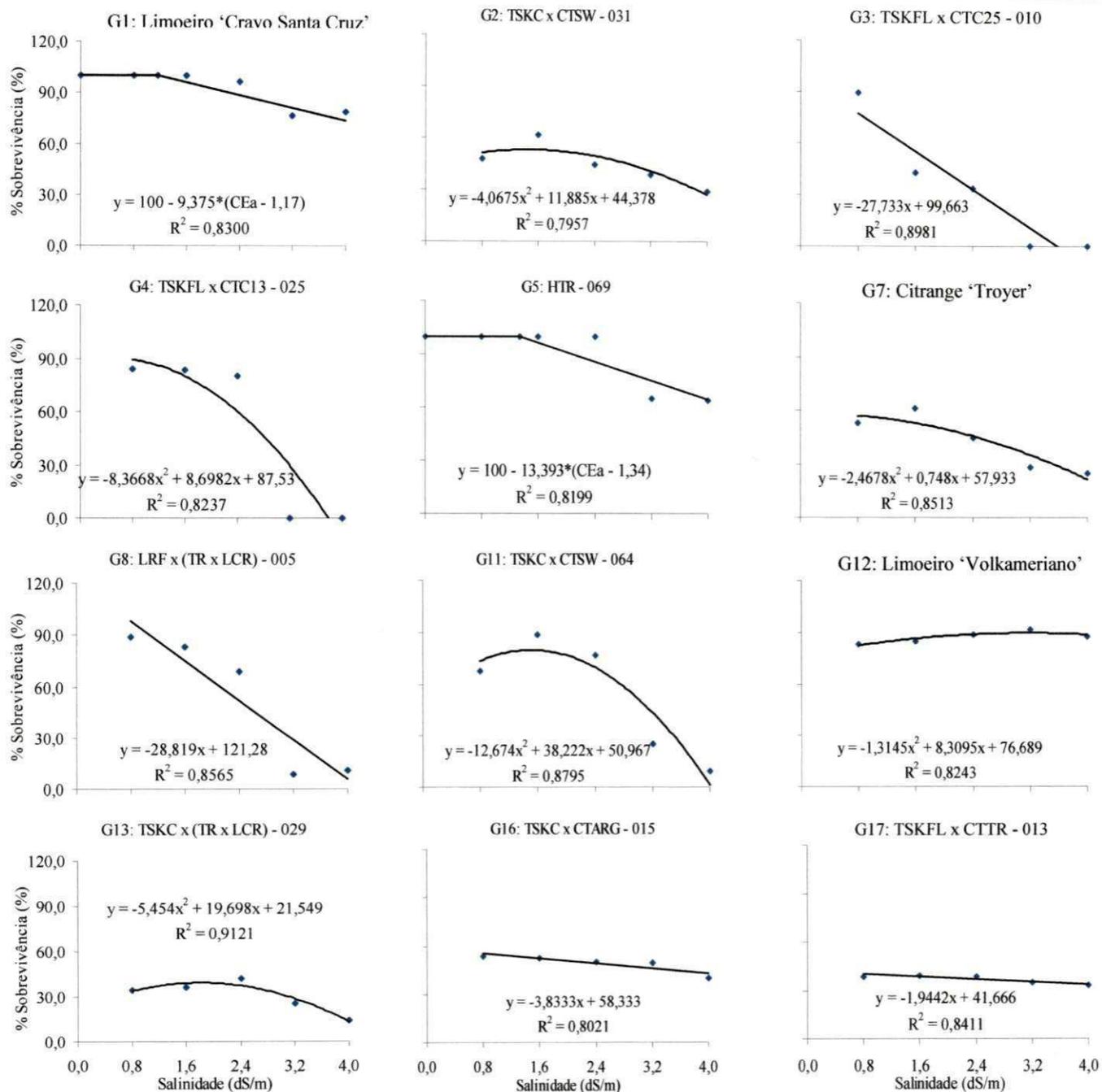
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo conforme teste de Scott Knott ($p < 0,05$); médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal no mesmo nível de salinidade não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



Figura 50: Visão de parcelas experimentais do porta-enxerto G3 (TSKFL x CTC25 - 010) sob copa de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] ou pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad). Campina Grande, PB, 2010.

Estudando-se o efeito da salinidade nas combinações copa/porta-enxerto (Figuras 51 e 52), nota-se que os modelos segmentados (tipo platô) foram os que melhor se ajustaram às combinações entre limoeiro 'Cravo' (G1) e HTR - 069 (G5) sob copa de 'Tahiti' e 'Star Ruby', e no porta-enxerto G12 (limoeiro 'Volkameriano') sob copa de 'Star Ruby'; constatando-se salinidade limiar (SL) de 1,17 e 1,61 no limoeiro 'Cravo', 1,34 e 1,36 no HTR - 069 sob copas de 'Tahiti' e 'Star Ruby', respectivamente, e 2,16 no limoeiro 'Volkameriano' sob 'Star Ruby'. Registrou-se, nesta combinação, a maior redução a partir do nível crítico (16,07%). Salienta-se que na combinação entre 'Volkameriano' e 'Tahiti', houve um comportamento quadrático com tendência ascensional, ou seja, o aumento da salinidade aumentou o percentual de sobrevivência; no entanto, o aumento foi pequeno (83 a 91%), ante o qual se observa que a salinidade promoveu pequenas mudanças no percentual de sobrevivência, fato que pode estar relacionado ao Ca^{2+} , presente na solução salina, que tem, como principal função, garantir a integridade da membrana (Epstein e Bloom, 2006), além melhorar o pegamento de enxertos, segundo relatos contidos em Singh (2003).

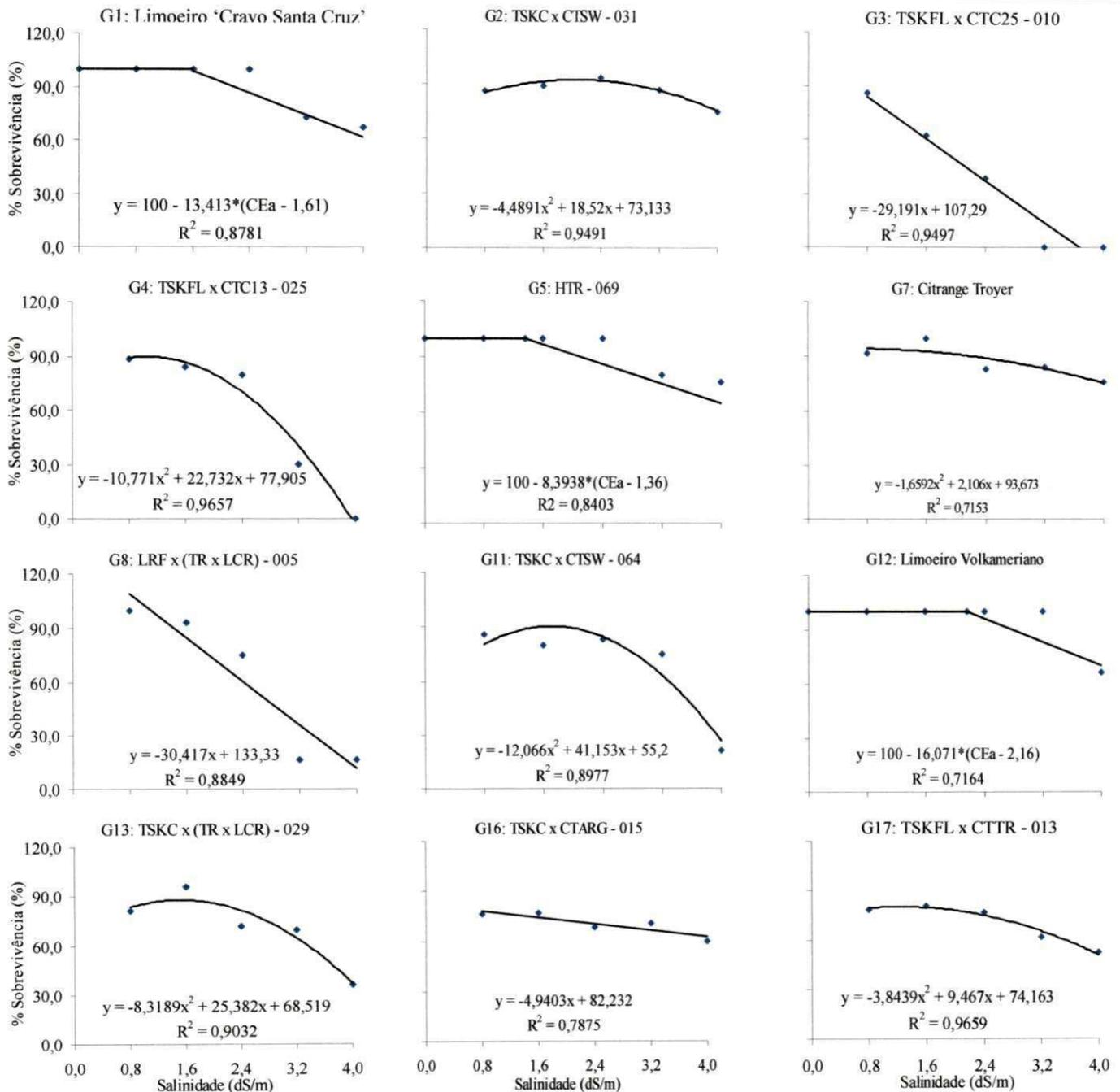
Porta-enxertos sob copa de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 51: Efeito da salinidade da água ($dS\ m^{-1}$) na percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) (%) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado, sob copa de 'Tahiti'. Campina Grande, PB, 2010.

Porta-enxertos sob copa de pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)



Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck), TSKC: Tangerineira 'Sunki' [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum, CTSW: Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *Poncirus trifoliata*) Swingle, TSKFL: tangerineira Sunki seleção 'da Flórida', CTC25: Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C25, CTC13: Citrange C13, HTR: híbrido trifoliado, CTTR: citrange 'Troyer', LRF: limoeiro Rugoso (*C. jambhiri* Lush.) seleção 'da Flórida', TR: *Poncirus trifoliata*, LCR: limoeiro 'Cravo', LVK: limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.) CTARG: Citrange 'Argentina'.

Figura 52: Efeito da salinidade da água (dS m⁻¹) na percentagem de sobrevivência (% Sobrevivência) aos 330 dias após semeadura (DAS) em cada genótipo porta-enxerto de citros estudado sob copa de 'Star Ruby'. Campina Grande, PB, 2010.

O efeito mais expressivo da salinidade é notado nas combinações entre os porta-enxertos G3 (TSKFL x CTC25 – 010), G4 (TSKFL x CTC13 - 025) e G11 (TSKC x CTSW – 064), sob ambas as copas estudadas, ressaltando-se que o aumento da salinidade acima de 2,4 dS m⁻¹ proporcionou médias nulas nas combinações entre a limeira ‘Tahiti’, com G3 e G4 e na combinação entre ‘Star Ruby’ e o genótipo G3, fatos que demonstram a susceptibilidade dessas combinações ao estresse abiótico.

Constata-se, nos porta-enxertos G16 e G17, sob copa de ‘Tahiti’ ou ‘Star Ruby’, as menores reduções com aumento da salinidade da água, observando-se que os baixos percentuais de sobrevivência foram notórios dos primeiros aos últimos níveis de salinidade; permitindo inferir que a salinidade tem baixo efeito nas combinações; o baixo percentual de sobrevivência pode ter sido ocasionado pelo baixo potencial de crescimento dos porta-enxertos, já que um fator imprescindível no pegamento do enxerto e crescimento do mesmo é o fluxo de seiva, quando este é limitado há uma grande possibilidade de haver problemas com a copa.

A literatura reporta que, para garantir a produção de frutas de citros, é necessário que a condutividade elétrica do estrato de saturação do solo seja menor que 1,4 dS m⁻¹ (Maas, 1993), porém, tem-se constatado que a salinidade limiar da cultura é variável entre combinações copa/porta-enxerto (Singh, 2003; Adnan, 2004; Soares et al., 2006; Brito, et al., 2008), resultado não diferente do observado neste trabalho, já que, para a combinação entre ‘Volkameriano’ e ‘Star Ruby’, obteve-se salinidade limiar de 2,16 dS m⁻¹ na água de irrigação.

ETAPA II Experimento Com Estresse Salino em Campo

6.2.1. Crescimento em diâmetro

Na Tabela 18 tem-se as análises de variância para o diâmetro do caule do porta-enxerto (DiamPE), o diâmetro do caule no ponto de enxertia (DiamEnx) e o diâmetro do caule da copa (DiamCopa), avaliados aos 60 e 90 dias após transplante (DAT) em campo, destacando-se diferença entre os manejos de água salina (Manejo) em todas as variáveis estudadas na avaliação aos 90 DAT. Diferença entre porta-enxertos foi notada apenas no diâmetro do caule no ponto de enxertia, avaliada aos 60 DAT, a diferença entre copas e significância da interação manejo x PE no DiamPE aos 60 DAT. Considerando-se que o efeito nas combinações copa/porta-enxerto, aos 60 DAT, foi decorrente de algum efeito residual, proveniente da fase de produção de mudas, deu-se ênfase ao estudo das variáveis aos 90 DAT; contudo, como complemento às discussões, fez-se análises das taxas de crescimento relativo (TCR) obtidas no período para cada variável, (Tabela 19).

É importante notar que as plantas estavam sob estresse salino há 30 dias, sabendo-se que o solo inicialmente não era salino nem sódico; mesmo se tratando de um solo com alta capacidade de troca de cátions, o acúmulo de sais no solo ainda é baixo, como descrito no Apêndice 2. Assim, o efeito dos manejos de água salina pode ser observado em variáveis mais sensíveis, como as fisiológicas.

Tabela 18: Resumo da análise de variância para as variáveis: diâmetro do caule do porta-enxerto (DiamPE) (mm), diâmetro do caule no ponto de enxertia (DiamEnx) (mm) e diâmetro do caule da copa (DiamCopa) (mm) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 60 e 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.

Fontes de variação	GL	DiamPE		DiamEnx		DiamCopa	
		60 DAT	90 DAT	60 DAT	90 DAT	60 DAT	90 DAT
Manejo de água salina (Manejo)	2	15,0555**	19,6851**	15,2407**	15,9074**	3,5740 ^{ns}	9,4629*
Porta-enxerto (PE)	2	3,5000 ^{ns}	4,1296 ^{ns}	9,2407**	8,9074 ^{ns}	5,2407 ^{ns}	6,4629 ^{ns}
Copa	1	7,4074*	10,6666 ^{ns}	0,0740 ^{ns}	2,2407 ^{ns}	0,0740 ^{ns}	5,3518 ^{ns}
Manejo x PE	4	7,3888**	7,6296 ^{ns}	3,8518 ^{ns}	4,2962 ^{ns}	2,8796 ^{ns}	4,2129 ^{ns}
Manejo x Copa	2	2,5740 ^{ns}	7,3888 ^{ns}	0,7962 ^{ns}	1,1296 ^{ns}	5,6851 ^{ns}	6,6851 ^{ns}
PE x Copa	2	0,7962 ^{ns}	1,5000 ^{ns}	0,4629 ^{ns}	0,6851 ^{ns}	0,2407 ^{ns}	0,6851 ^{ns}
PE x Copa x Manejo	4	1,6296 ^{ns}	2,8888 ^{ns}	0,6851 ^{ns}	0,7407 ^{ns}	1,2685 ^{ns}	2,2685 ^{ns}
Bloco	2	0,7222 ^{ns}	3,5740 ^{ns}	3,6851 ^{ns}	5,6296 ^{ns}	1,2407 ^{ns}	6,7407 ^{ns}
CV (%)		11,45	14,22	10,52	12,67	17,57	16,05
Média		11,33	12,15	12,41	13,32	8,48	10,09

^{ns} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Observando-se a Figura 53 nota-se superioridade das combinações copa/porta-enxerto na testemunha [manejo 1- água de CE 0,8 dS m⁻¹ na produção de mudas e em

campo] e nas plantas sob manejo 2 (água de CE 0,8 dS m⁻¹ na produção de mudas e 2,4 dS m⁻¹ em campo). Considerando-se que estas plantas são provenientes do mesmo tratamento durante a fase de produção de mudas, constata-se que a salinidade proporcionou efeito significativo a ponto de possibilitar diferença entre os manejos, porém, quando se leva em conta a taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto (TCRDPE), nota-se efeito do manejo de água salina e interação entre manejosporta-enxertos, verificando-se, na Figura 19, que não houve diferença entre os porta-enxertos, contudo, o manejo os afetou de forma diferente, destacando-se maior TCRDPE no Cravo sob manejo 1, no HTR-069 no manejo 2 e no ‘Volkameriano’ no manejo 3, fato que pode ser atribuído à melhor adaptação de cada genótipo porta-enxerto à condição. Ademais, é importante salientar que, com exceção das plantas com ‘Volkameriano’ como porta-enxerto, a aplicação de água salina tende a reduzir a taxa de crescimento.

Tabela 19: Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) (mm mm⁻¹ dia⁻¹), taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule no ponto de enxertia (TCRDEnx) (mm mm⁻¹ dia⁻¹) e taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule da copa (TCRDCopa) (mm mm⁻¹ dia⁻¹) em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 60 e 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.

Fontes de variação	Quadrado Médio			
	GL	TCRDPE	TCRDEnx	TCRDCopa
Manejo de água salina (Manejo)	2	8,00x10 ⁻⁶ *	4,00x10 ⁻⁶ ns	7,00x10 ⁻⁶ ns
Porta-enxerto (PE)	2	2,00x10 ⁻⁶ ns	1,00x10 ⁻⁶ ns	6,57x10 ⁻⁷ ns
Copa	1	5,60x10 ⁻⁷ ns	3,00x10 ⁻⁶ ns	4,00x10 ⁻⁵ *
Manejo x PE	4	6,00x10 ⁻⁶ x	5,00x10 ⁻⁶ ns	1,60x10 ⁻⁵ *
Manejo x Copa	2	2,00x10 ⁻⁶ ns	2,00x10 ⁻⁶ ns	5,00x10 ⁻⁶ ns
PE x Copa	2	1,58x10 ⁻⁶ ns	4,00x10 ⁻⁶ ns	9,00x10 ⁻⁶ ns
PE x Copa x Manejo	4	2,00x10 ⁻⁶ ns	7,00x10 ⁻⁶ ns	6,00x10 ⁻⁶ ns
Bloco	2	4,00x10 ⁻⁶ ns	5,00x10 ⁻⁶ ns	3,00x10 ⁻⁶ ns
CV (%)		43,14	45,96	39,40
Média		0,0032	0,0034	0,0050

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Segundo Taiz e Zeiger (2009), quando uma planta é submetida a um estresse progressivo, como o salino, e tolera este estresse, significa que ocorreu aclimação, que é diferente da adaptação (vinculada a um nível de tolerância genética), pois se relaciona a um estado imposto ao vegetal, contudo, a expressão gênica tem desempenhado papel importante

na aclimação; pode-se informar que as plantas submetidas ao estresse salino de S3, durante a fase de formação de mudas e, nessa etapa, estavam recebendo água salina, tiveram menor redução, embora tenham apresentado menor média, fato este atribuído aos menores valores médios obtidos em fases anteriores.

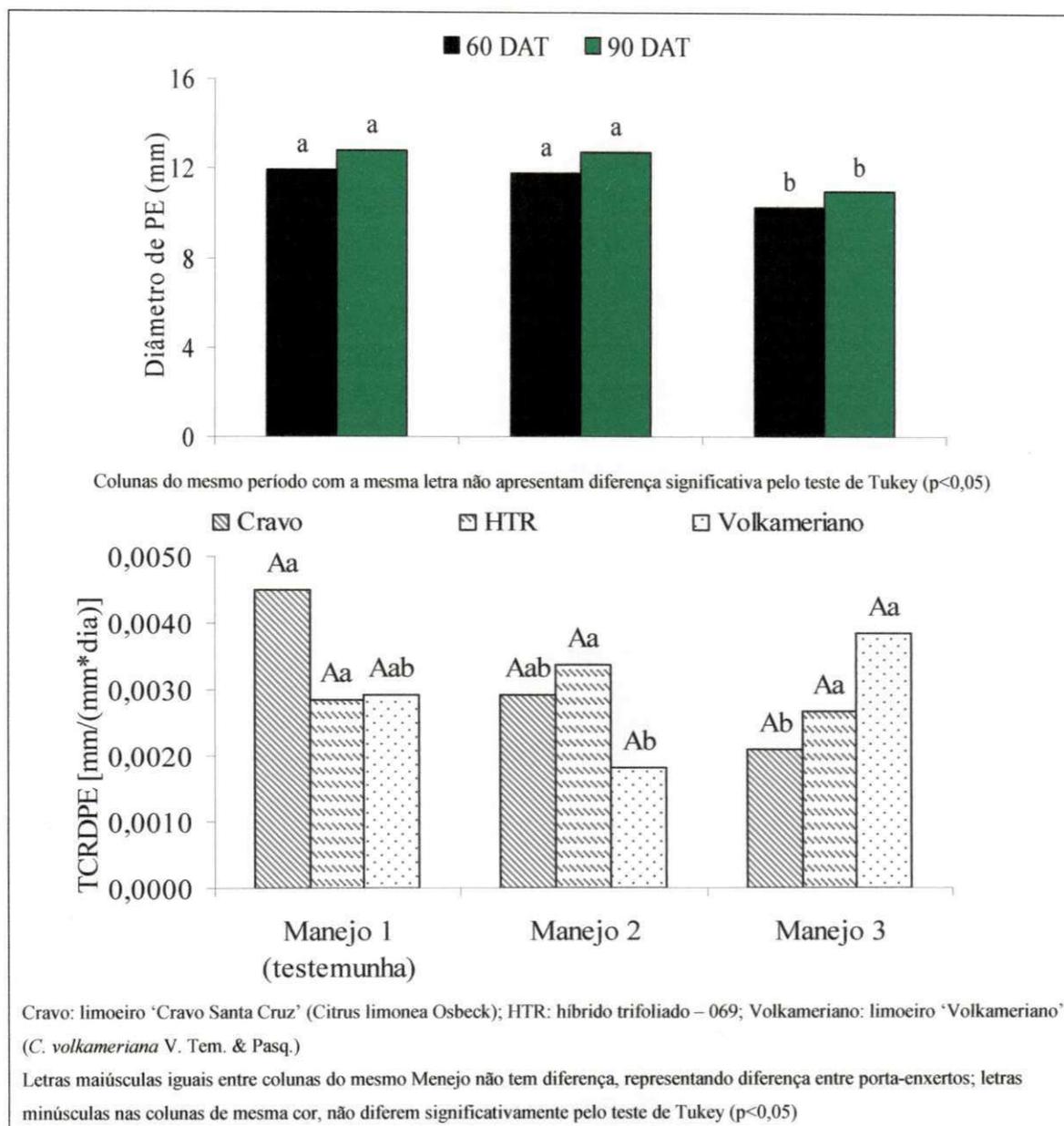


Figura 53: Diâmetro de caule do porta-enxerto (Diâmetro de PE) (mm) aos 60 e 90 DAT estudado em cada manejo de água salina com a média das combinações copa/porta-enxerto; taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule do porta-enxerto (TCRDPE) [$\text{mm} \cdot (\text{mm} \cdot \text{dia})^{-1}$] do período em função dos manejos de água salina e dos portaenxertos de citros estudados com a média das copas. Pombal, PB, 2010.

No diâmetro na enxertia, observa-se o mesmo comportamento do diâmetro de porta-enxerto (Figura 54), destacando-se as maiores médias na testemunha e havendo ambiguidade entre no ‘manejo 2’ com os demais. Contudo, não houve diferenças nas taxas de crescimento relativo de diâmetro na enxertia (TCRD_{Enx}) no período.

Com o diâmetro na enxertia, pode-se notar o início da formação de anomalia fisiológica, proveniente de incompatibilidade entre as combinações copa/porta-enxerto, a chamada ‘pata de elefante’; tal afirmação está baseada na comparação entre médias obtidas no diâmetro na enxertia e as médias obtidas no diâmetro do porta-enxerto, porém é importante ressaltar que há um indicativo de formação, mas não existe, ainda, a certeza de formação de tal processo.

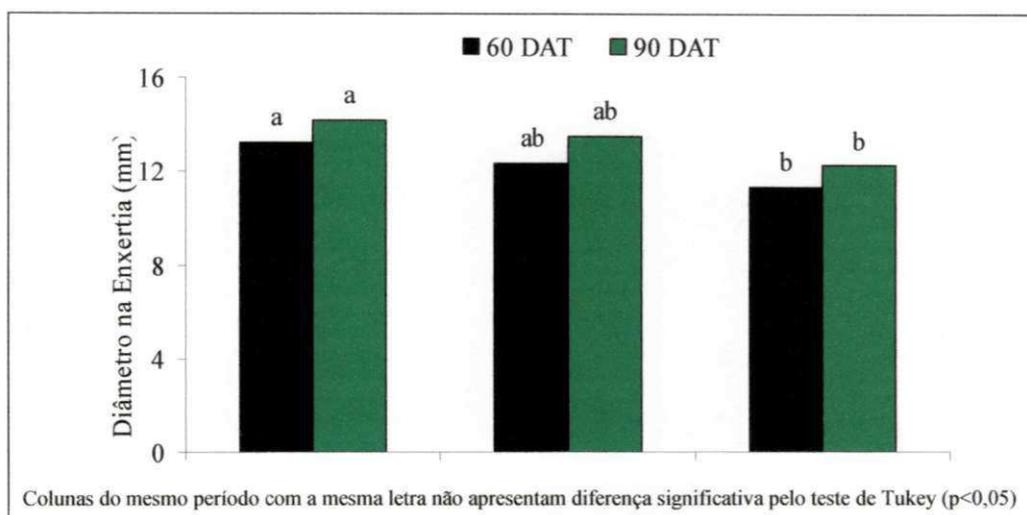


Figura 54: Diâmetro na Enxertia (mm) aos 60 e 90 dias após transplante (DAT) estudado em cada manejo de água salina, com a média das combinações copa/porta-enxerto. Pombal, PB, 2010.

Dentre as variáveis de diâmetro, notou-se, no diâmetro de copa, diferença significativa entre manejos na segunda avaliação (90 DAT), podendo esta variável ser um indicador do início do estresse salino (Tabela 18). Tal fato corrobora com informações de alguns autores, como Zekri e Parsons (1989), que registraram maior redução na parte aérea que no sistema radicular, sinal de que a parte mais afetada é a copa; da mesma forma, Banuls et al. (1990), estabelecendo uma relação entre o NaCl e a taxa de crescimento relativo, concluíram que a redução na taxa de crescimento, causada pelo NaCl, era mais dependente da cultivar copa, considerando que a desfolha é mais dependente do porta-enxerto.

As maiores médias foram observadas no tratamento testemunha, havendo, também, ambiguidade para o manejo 2 (Figura 55).

Na taxa de crescimento relativo em diâmetro de copa, reportando-se à Tabela 19, houve diferença entre copas e efeito da interação Manejo e PE, observando-se, na Figura 55 e na Tabela 20, superioridade da copa de 'Star Ruby', constatando-se também que o manejo de água interferiu, principalmente, no porta-enxerto Volkameriano, sendo as maiores taxas obtidas no manejo 3 (plantas que receberam água de 2,4 dS na produção de mudas e em campo), salientando-se que não houve diferença nos manejos para os outros porta-enxertos. Desta forma, resume-se destacando que as copas de pomeleiro 'Star Ruby' tiveram melhores taxas de crescimento aliado, caso se use o 'Volkameriano' como porta-enxerto, à irrigação com água salina na produção de mudas e em campo.

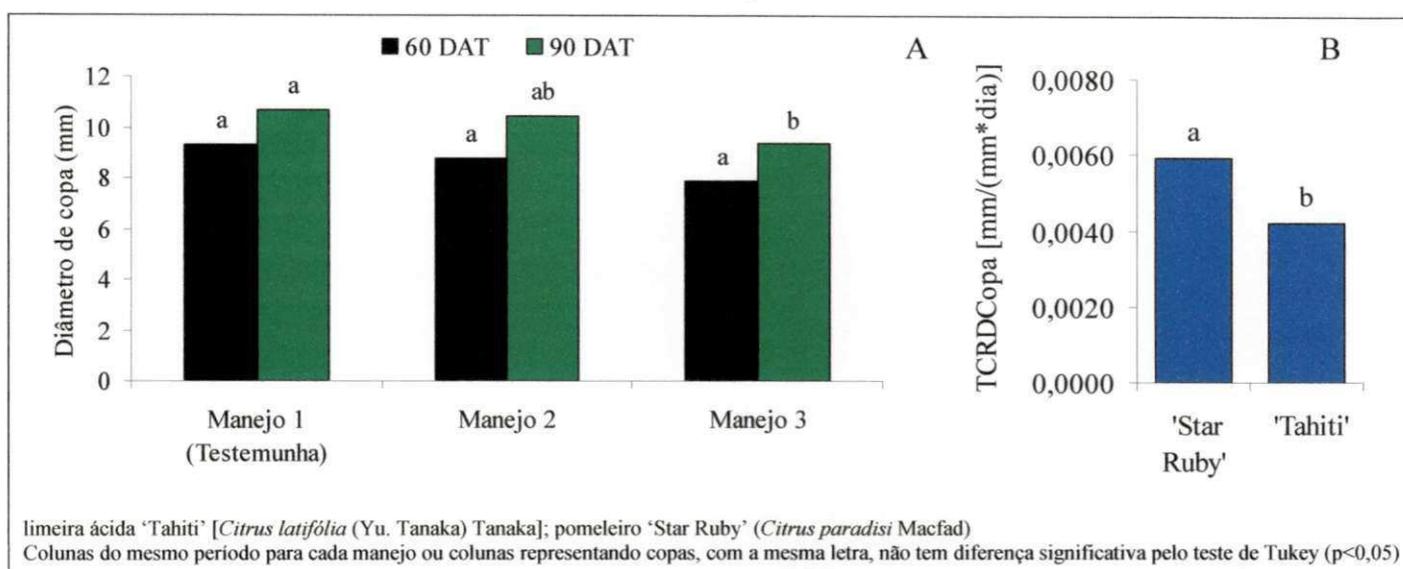


Figura 55: Diâmetro da copa (mm) aos 60 e 90 DAT estudado em cada manejo de água salina, com a média das combinações copa/porta-enxertos (A) e taxa de crescimento relativo do diâmetro de copa (TCRDCopa) [mm/(mm*dia)] em função das copas com a média dos manejos de água salina e dos porta-enxertos (B). Pombal, PB, 2010.

Tabela 20: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para a Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro de Copa (TCRDCopa) no período de 60 a 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Porta-enxerto		
	Limoeiro 'Cravo'	HTR - 069	Limoeiro 'Volkameriano'
Manejo 1 (Testemunha)	0,00458aA	0,00504aA	0,00392bA
Manejo 2	0,00504aA	0,00607aA	0,00338bA
Manejo 3	0,00392aB	0,00468aB	0,00780aA

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não têm diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05).

6.2.2. Crescimento em número de folhas

Estudando-se o crescimento em número de folhas por meio do teste F (Tabela 20), notam-se diferenças significativas entre porta-enxertos, copas e na interação entre porta-enxerto e manejo de água salina aos 60 DAT. Contudo, o efeito foi significativo em todas as fontes de variação na avaliação aos 90 DAT. Assim, nota-se que o número de folhas é uma variável de razoável sensibilidade ao estresse salino, e que varia com as combinações copa/porta-enxerto, podendo ser usada para distinguir materiais promissores para o cultivo em campo, levando-se em consideração, sobretudo, que um maior número de folhas pode significar, também, maior área foliar e, neste sentido, maior área de captação de luz para realização da fotossíntese, processo essencial ao crescimento vegetal e produção da cultura (Mattos Junior et al., 2005).

Tabela 21: Resumo da análise de variância para as variáveis Número de folhas aos 60 e 90 dias após transplante (DAT) e Taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) do período em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		TCRNF
		NF		
		60 DAT	90 DAT	
Manejo de água salina (Manejo)	2	560,9629 ^{ns}	207,7962 ^{5,3%}	0,000334 ^{**}
Porta-enxerto (PE)	2	929,2407 [*]	2346,2962 ^{**}	0,000002 ^{ns}
Copa	1	2948,1666 ^{**}	17352,2962 ^{**}	0,000465 ^{**}
Manejo x PE	4	599,6574 [*]	576,4074 ^{**}	0,000545 ^{**}
Manejo x Copa	2	416,8888 ^{ns}	1222,6851 ^{**}	0,000024 ^{ns}
PE x Copa	2	33,3888 ^{ns}	812,5185 ^{**}	0,000171 [*]
PE x Copa x Manejo	4	155,1944 ^{ns}	240,7407 [*]	0,000072 ^{ns}
Bloco	2	95,7962 ^{ns}	272,0740 [*]	0,000053 ^{ns}
CV (%)		26,33	11,30	47,52
Média		53,42	72,51	0,012

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

As maiores médias foram observadas nas combinações entre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e híbrido trifoliado – 069 (HTR – 069) combinados com a copa 'Tahiti', constatando-se entre 110 e 113 folhas por planta, sob irrigação com água de boa qualidade (testemunha) (Tabela 22). Destacam-se, ainda, as menores médias nas combinações entre os porta-enxertos HTR – 069 e limoeiro 'Volkameriano' com a copa de pomeleiro 'Star Ruby', notadamente, sob condições de salinidade sem ter passado por algum estresse salino anteriormente (manejo 2). Assim, pode-se inferir que a copa de 'Tahiti' tem maior potencial de crescimento, fato também relatado na literatura para condições de estresse salino (Azevedo, 2003; Mattos Junior et al. 2005).

Ressalta-se que, na taxa de crescimento relativo para o número de folhas (TCRNF), houve efeito das interações entre os porta-enxertos tanto com os manejos de água salina quanto entre copas (Tabela 21), desta forma, destaca-se, na Tabela 23, o teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$) relacionado às interações, podendo-se observar um resultado confuso. No entanto, entre a interação entre os porta-enxertos e os manejos, a maior taxa de crescimento foi obtida no manejo 3 (plantas que receberam água de 2,4 dS m⁻¹ na produção de mudas e em campo) com o ‘Volkameriano’ como porta-enxerto. A segunda e terceira maiores médias foram obtidas no limoeiro ‘Cravo’ (Cravo) e HTR-069, sob manejo 2, respectivamente. Quando estuda-se a TCRNF em função da interação entre os porta-enxertos e as variedades copa (‘Tahiti’ e ‘Star Ruby’), nota-se superioridade do ‘Tahiti’. Nesta situação, vale salientar que as plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ tendem a ter um maior porte que as plantas de ‘Star Ruby’, como tem descrito Mattos Junior et al. (2005).

Outro fato interessante é o que aconteceu com as plantas que sofreram estresse salino na fase de formação de mudas e foram submetidas à salinidade no campo (manejo 3), observando-se os maiores valores médios na maioria das combinações quando comparados com os valores das plantas do manejo 2, fato que pode ser visualizado no campo pelo porte das plantas (Figura 56).

Tabela 22: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para variável número de folhas (NF) aos 90 dias após o trasplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro ‘Cravo’		HTR - 069		Limoeiro ‘Volkameriano’	
	‘Star Ruby’	‘Tahiti’	‘Star Ruby’	‘Tahiti’	‘Star Ruby’	‘Tahiti’
Manejo 1	75,33aB	110,00aA	53,00aC	112,67aA	43,33bC	62,67bBC
Manejo 2	54,33bB	98,00aA	43,67aB	107,33aA	41,00bB	87,33aA
Manejo 3	64,00abBC	99,00aA	51,33aC	72,67bB	65,33aBC	64,33bBC

Limoeiro ‘Cravo’ Santa Cruz (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) – 069; limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.);

limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomelheiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Nota-se, provavelmente, que as plantas do manejo 3, por terem passado por um estresse no período de formação de mudas, obtiveram tolerância à salinidade, processo também denominado endurecimento, que tem sido usado em várias culturas, notadamente na fase de germinação e emergência, para fazer com que a planta desenvolva mecanismos

fisiológicos ou substâncias bioquímicas que permitam o crescimento, mesmo sob condições de estresse (Taiz e Zeiger, 2009).

Tabela 23: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) no período de 60 a 90 dias após transplante (DAT), estudando-se a interação entre porta-enxerto (PE) com os manejos de água salina (manejo) e a interação entre os PE e as Copas ('Star Ruby' e 'Tahiti'). Pombal, PB, 2010.

PE	-----Manejos-----			-----Copas-----	
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	'Star Ruby'	'Tahiti'
'Cravo'	0,00916 abB	0,02237 aA	0,00544 bB	0,00749 aB	0,01715 aA
HTR - 069	0,01377 aAB	0,01952 aA	0,00549 bB	0,00833 aB	0,01753 aA
'Volkameriano'	0,00374 bB	0,01008 bB	0,02408 aA	0,01324 aB	0,01203 aA

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida 'Tahiti'

[*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeloiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal entre manejos e entre copas não têm diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);



Figura 56: Imagens das parcelas com cada tratamento. Pombal, PB, 2010.

6.2.3. Comportamento fisiológico

Aproximadamente, 95% da matéria seca vegetal estão relacionados a compostos de carbono fixados fotossinteticamente. Desta forma, todo o processo de crescimento e desenvolvimento vegetal estará em sinergismo com sua fisiologia, sendo os fotoassimilados os responsáveis pela manutenção e constituição dos órgãos das plantas, além de garantir a formação de tecidos de reserva ou serem perdidos por meio de exsudados radiculares, ataque de pragas e/ou senescência (Taiz e Zeiger, 2009).

O 'Manejo de água salina' foi significativa na condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação de CO_2 (A) e eficiência no uso da água (EUA) (Tabela 24). Diferenças entre porta-enxertos foram notadas apenas na transpiração ' E ', e diferença entre copas na condutância estomática (g_s), transpiração (E) e eficiência no uso da água (EUA). A interação entre manejo de água salina e porta-enxerto foi significativa para condutância estomática (g_s) e fotossíntese (A), já as interações entre manejo de água salina e a copa assim como porta-enxerto e copa, foram significativas para condutância estomática, transpiração, fotossíntese e eficiência no uso da água, ressaltando-se que houve significância na eficiência intrínseca da carboxilação (E_iC) da PExCopa; a interação tripla foi significativa para fotossíntese (A), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência na carboxilação (E_iC); tudo isso permite inferir que a aplicação de água salina e a combinação correta entre porta-enxerto e copa têm influência, em maior ou menor significância, no comportamento fisiológico de plantas de citros.

Na concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu mol mol^{-1}$) não houve efeito significativo de nenhuma fonte de variação (Tabela 24). Considerando-se que o C_i é a concentração de CO_2 na câmara subestomática, e que os valores aqui observados foram, em média, de $211 \mu mol mol^{-1}$, observa-se condição de normalidade dos dados, já que na literatura a concentração de Carbono interno, em plantas de citros, está entre 200 e $250 \mu mol mol^{-1}$ (Mattos Junior et al., 2005), indicando, na verdade, que as plantas de citros não tiveram seu aparato fotossintético danificado pela aplicação de sais na água de irrigação.

Tabela 24: Resumo da análise de variância para as variáveis concentração interna de CO₂ (C_i) (μmol mol⁻¹), condutância estomática (g_s) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ (A) (μmol m⁻² s⁻¹), eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/C_i) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 90 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		C _i	g _s	E	A	EUA	EiC
Manejo de água salina (Manejo)	2	492,6666 ^{ns}	0,00070 [*]	3,5348 ^{**}	2,4525 [*]	6,3358 ^{**}	0,000043 ^{ns}
Porta-enxerto (PE)	2	338,3888 ^{ns}	0,00063 ^{ns}	1,0659 ^{**}	1,2457 ^{ns}	0,3213 ^{ns}	0,000022 ^{ns}
Copa	1	96,0000 ^{ns}	0,00212 ^{**}	1,8444 ^{**}	1,3004 ^{ns}	1,6818 [*]	0,000023 ^{ns}
Manejo x PE	4	743,8888 ^{ns}	0,00065 [*]	0,2269 ^{ns}	2,9769 ^{**}	0,3489 ^{ns}	0,000085 ^{**}
Manejo x Copa	2	81,5555 ^{ns}	0,00139 ^{**}	1,4791 ^{**}	2,7919 [*]	0,8476 [*]	0,000049 ^{ns}
PE x Copa	2	425,1099 ^{ns}	0,00103 ^{**}	0,5001 [*]	4,5213 ^{**}	1,8722 ^{**}	0,000110 ^{**}
PE x Copa x Manejo	4	744,7777 ^{ns}	0,00038 ^{ns}	0,1660 ^{ns}	3,1808 ^{**}	2,5502 ^{**}	0,000089 ^{**}
Bloco	2	703,1666 ^{ns}	0,00035 ^{ns}	0,5616 [*]	0,2956 ^{ns}	0,7428 ^{ns}	0,000006 ^{ns}
CV (%)		7,99	22,33	18,67	16,73	19,73	19,03
Média		211,22	0,064	1,92	4,38	2,48	0,021

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

O processo de difusão e a entrada de carbono para a câmara subestomática dependem da abertura dos estômatos e, embora os valores de C_i observados, estejam na faixa normal para a cultura, a condutância estomática foi prejudicada pelas fontes de variação, havendo maior 'g_s' quando as plantas de citros estavam sem influência da salinidade (tratamento testemunha), notadamente na combinação entre o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e o pomeleiro 'Star Ruby' (Tabela 25). A menor média foi observada em plantas sob irrigação com água salina, da combinação entre o limoeiro 'Volkameriano' e o pomeleiro 'Star Ruby', que não tinham passado por estresse salino (manejo 2). Nota-se, ainda, nas plantas do manejo 3, médias estatisticamente semelhantes em algumas combinações às evidenciadas no manejo 1 (testemunha) (Tabela 25). Por esses dados, constata-se que a salinidade tende a diminuir o potencial de condutância das combinações copa/porta-enxerto, já que um dos componentes do estresse é a redução no potencial hídrico, devido ao aumento na concentração de sais, considerando-se que a abertura dos estômatos para absorção de CO₂ expõe a superfície subestomática à atmosfera, fazendo-a perder água. É notório que a planta, como forma de manter sua turgescência, mantenha suas células guarda murchas e, em consequência, os estômatos os mais fechados possíveis. A ocorrência de redução na condutância estomática, causado por estresse hídrico, foi relacionado por Gomes et al. (2004), em planta de laranja doce, enxertada em limoeiro 'Cravo', tal como observado neste trabalho com o estresse

salino. É interessante notar que, normalmente, em plantas de citros, a condutância estomática está em torno de 0,1 a 0,3 mol m⁻² s⁻¹ (Mattos Junior et al. 2005). Neste trabalho, os resultados variaram entre 0,04 e 0,1 mol m⁻² s⁻¹, o que pode indicar uma situação geral de estresse, decorrente do clima semiárido, situação embasada na consideração de que as plantas de citros apresentam surtos de crescimento (Borroto e Borroto, 1991; Davies e Albrigo, 1994; Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996). Estes surtos estão vinculados a uma condição climática ou condição de umidade do solo, pois condições de alta radiação solar, aliados à baixa umidade do ar, mesmo com solo em capacidade de campo (devido à irrigação), podem proporcionar estresse.

Tabela 25: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para na condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	0,1067aA	0,0747aAB	0,0667aB	0,0600aB	0,0500aB	0,0667aB
Manejo 2	0,0500bAB	0,0667aAB	0,0567aAB	0,0533aAB	0,0400aB	0,0833aA
Manejo 3	0,0500bA	0,0817aA	0,0600aA	0,0767aA	0,0467aA	0,0767aA

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A perda de água, decorrente da abertura estomática, é denominada transpiração (*E*), que ocorre em vista do gradiente de concentração da água entre a superfície interna hidratada e a atmosfera (Prado e Casali, 2006). Ante o contexto, espera-se que plantas com maior condutância venham a expressar maior transpiração, e isso foi o que ocorreu, os maiores valores médios de transpiração (*E*) (Tabela 26) foram observados na combinação entre o limoeiro Cravo e o Pomeleiro no tratamento Testemunha. As plantas com menor transpiração foram observadas no manejo 2, notadamente, nas combinações entre o limoeiro Volkameriano, limoeiro Cravo e HTR - 069 com a copa do Pomeleiro 'Star Ruby'. Salientam-se médias semelhantes, estatisticamente, às do tratamento testemunha, nas plantas sob manejo 3, fortificando o argumento de que plantas quando passam por estresse, após um período de repouso, expressam maior tolerância quando são estressadas novamente; este fato pode estar relacionado ao desenvolvimento de mecanismos que permitam manter seu

potencial hídrico celular e garantir as condições para abertura estomática e transpiração, sem comprometer o conteúdo de água nas células.

Nas plantas de citros estudadas, os valores de transpiração variaram entre 1,0 a 2,7 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹; segundo a literatura, os valores de transpiração podem variar de 1,0 a 12 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ (Mattos Junior, et al. 2005). Neste sentido, os valores aqui obtidos são considerados baixos, fato relacionado, provavelmente, à condição de estresse do local onde foi desenvolvido o experimento. Nota-se, ainda, que a relação entre os valores de transpiração e condutância estomática obtidas neste trabalho corroboram com os obserados por Machado et al. (1999), estudando a relação entre taxas de fotossíntese e de transpiração de laranjeira ‘Valência’ sobre porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ e de Trifoliata.

Tabela 26: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	2,6733aA	2,4367aA	2,3267aA	1,9133abA	2,1333aA	1,9100aA
Manejo 2	1,0300cB	2,3333aA	1,1100bB	1,4667bAB	1,1567bB	1,4900aAB
Manejo 3	1,7967bBC	2,7367aA	2,3167aAB	2,3800aAB	1,2633bC	2,1333aABC

Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) – 069; limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ressalta-se que condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto condições propícias à perda de água favorecem seu fechamento, ou seja, se, por um lado, a diminuição da condutância estomática diminui a perda de água para a atmosfera, por outro, há queda da assimilação de CO₂. As plantas sob estresse salino, notadamente de citros, devem fechar os estômatos para minimizar as perdas de água por transpiração e maximizar a assimilação de CO₂. Diante da relação entre fotossíntese e condutância, observa-se, também, semelhança no comportamento da taxa de assimilação de CO₂ (Tabela 27), ressaltando-se maiores médias na combinação ‘Star Ruby’/‘Cravo’ no manejo ‘testemunha’ e os menores valores de fotossíntese para o ‘Star Ruby’/Volkameriano sob ‘manejo 2’.

As taxas de assimilação de CO₂ variaram entre 2,5 e 6,5 μmol m⁻² s⁻¹ (Tabela 27), valores considerados baixos, pois, se sabe que os citros são plantas C₃, ou seja, o primeiro composto orgânico estável formado, na fotossíntese, possui três átomos de carbono (gliceraldeído 3-fosfato). Segundo a literatura (Raven et al., 2001, Taiz e Zeiger, 2009), as

taxas fotossintéticas das plantas C_3 variam entre 10 e 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, porém, quando essas taxas de assimilação são comparadas com as obtidas na cultura do citros, o fato é dado como normal, já que vários autores reportam valores entre 4 e 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Syvertsen, 1984; Machado et al., 1994; Syvertsen e Lloyd, 1994; Medina e Machado, 1998), constata-se ser baixa a taxa de assimilação de CO_2 em citros, fato também relatado por Mattos Junior et al. (2005). Sobretudo, é importante revelar que em algumas combinações copa/porta-enxerto, principalmente sob irrigação com água salina, permaneceram com taxas abaixo ou muito próximas a 4,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, limite inferior destacado pela literatura, fato que pode estar associado, também, às condições climáticas, podendo ser correlacionado com os dados de transpiração e condutância estomática.

Neste sentido, deve-se dizer que taxa de assimilação de CO_2 que representa a fotossíntese, ou ‘síntese utilizando luz’, refere-se à absorção de energia luminosa, em geral, proveniente do sol, para sintetizar compostos orgânicos a partir do CO_2 e H_2O do ambiente, fato que não poderia ocorrer sem entrada de energia. Desta forma, tem-se a transformação de compostos com baixo potencial energético (H_2O e CO_2) em compostos ricos em energia (ATP e NADPH). O processo fotossintético está relacionado a três fases: a primeira é a fase difusiva, quando o CO_2 da atmosfera entra na câmara subestomática, fato regulado pela abertura estomática; a segunda fase é a fotoquímica, quando ocorre a absorção de energia luminosa, quebra da molécula da água para liberação de oxigênio e, principalmente, elétrons que foram usados na ativação de compostos e produção de ATP (trifosfato de adenosina) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo piridina fosfato reduzida), estes elementos serão usados na terceira fase, que corresponde à fase bioquímica, onde ocorre a fixação de CO_2 por meio da Ruby’sco (Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase) (Taiz e Zeiger, 2009; Larcher, 2006; Prado e Casali, 2006; Ribeiro, 2006). Ressaltando-se que a segunda fase ocorre nas membranas dos tilacóides, enquanto a terceira ocorre no estroma, ambos dentro do cloroplasto. Assim, qualquer estresse que venha a interferir nos elementos ou nos mecanismos ligados aos processos fotossintéticos, tendem a comprometer o potencial produtivo do vegetal.

Os resultados obtidos são semelhantes aos registrados por Lloyd et al. (1987) após estudarem o comportamento fisiológico da laranjeira ‘Valência’, enxertada tanto em tangerineira ‘Cleópatra’, quanto em *Poncirus trifoliata*, sob estresse salino, pois observaram redução na taxa de assimilação de CO_2 e na condutância estomática em proporções

semelhantes, havendo, também, baixa interferência da salinidade na concentração de CO₂ intercelular; com isto, pode-se associar uma redução na taxa fotossintética a uma diminuição na eficiência na carboxilação com aumento da salinidade da água.

Tabela 27: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 90 DAT, em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	6,4933 ^{aA}	4,8067 ^{aABC}	4,9300 ^{aABC}	3,3800 ^{bC}	3,7433 ^{aBC}	5,5033 ^{aAB}
Manejo 2	4,0800 ^{bAB}	4,7467 ^{aA}	4,2433 ^{aAB}	3,9033 ^{abAB}	2,6900 ^{aB}	5,6100 ^{aA}
Manejo 3	3,2500 ^{bB}	4,4367 ^{aAB}	4,8667 ^{aAB}	5,1367 ^{aA}	3,7767 ^{aAB}	3,3433 ^{bAB}

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Por ocasião das trocas gasosas reguladas pelos estômatos, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água e a diminuição dessa perda também restringe a entrada de CO₂ (Shimazaki et al., 2007). Neste contexto, tem-se a eficiência de uso da água, pois, ao abrir os estômatos, com a finalidade de absorver o CO₂, fica exposta a câmara subestomática, úmida, à atmosfera, sendo necessário que este processo seja o mais eficaz possível (Jaimez et al., 2005; Ribeiro, 2006; Taiz e Zeiger, 2009) para perder o mínimo de água. Ressalta-se que esse processo é influenciado pelas condições climáticas (Ribeiro, 2006), edáficas, nutricionais, além das características genéticas do vegetal, sendo que a salinidade pode influenciar dois destes fatores, condicionando as plantas a um potencial hídrico menor, aumentando a concentração de íons tóxicos e ocasionando desbalanço nutricional (Mattos Junior et al., 2005; Larcher, 2006; Taiz e Zeiger, 2009). Diante dos fatos, observam-se plantas com melhores eficiências no uso da água sob 'manejo 2', notadamente, da combinação entre o limoeiro 'Cravo' e o pomeleiro 'Star Ruby' (Tabela 28), o que pode estar relacionado a um ajustamento osmótico melhor dessas plantas; pois, provavelmente, elas conseguiram reduzir a condutância estomática e, conseqüentemente, a transpiração, mantendo a assimilação de CO₂ o máximo possível, o que permitiu melhor eficiência no uso da água, isto não ocorreu nas plantas com menores EUA, sendo elas da combinação entre os porta-enxertos limoeiro 'Volkameriano' e o limoeiro 'Cravo', com a copa de 'Tahiti', sob manejo 3; na verdade, para manter maiores valores de taxa

fotossintética, as plantas dessas combinações tiveram que manter uma condutância maior, considerando-se que a molécula de H₂O é menor que a molécula de CO₂, o que fez com que a perda de água por transpiração fosse maior que a assimilação de CO₂, aumentando, assim, a relação CO₂/H₂O.

Para a cultura dos citros, os valores de taxa fotossintética são considerados baixos quando comparados com as plantas C₃; por outro lado, a eficiência no uso da água é considerada alta, estando em torno de 3,0 μmol m⁻² s⁻¹, fato que também ocorreu neste trabalho, já que os valores variaram entre 1,5 e 4,1 μmol m⁻² s⁻¹. As maiores eficiências em plantas cítricas estão relacionadas, como citado por Mattos Junior et al. (2005), à alta resistência estomática e ao mesófilo em citros, que dificultam mais a perda de água que a entrada de CO₂ no estroma dos cloroplastos, situação que é observada em algumas combinações copa/porta-enxerto.

Tabela 28: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	2,4125 ^{bAB}	1,9966 ^{aAB}	2,1537 ^{bAB}	1,7667 ^{bC}	1,7652 ^{bC}	3,0122 ^{aA}
Manejo 2	4,0993 ^{aA}	2,0513 ^{aC}	3,9026 ^{aAB}	2,7540 ^{aBC}	2,4051 ^{abC}	3,7595 ^{aAB}
Manejo 3	1,8233 ^{bB}	1,6274 ^{aB}	2,2568 ^{bAB}	2,1839 ^{abAB}	3,0811 ^{aA}	1,5714 ^{bB}

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Segundo Scholes e Horton (1993), Konrad et al. (2005) e Machado et al. (1999), a eficiência na carboxilação (A/Ci) é uma forma de se estudar os fatores não estomáticos que interferem na taxa fotossintética. Observam-se, assim, na Tabela 29, bem como na maioria das variáveis fisiológicas estudadas, maiores médias na combinação entre o limoeiro 'Cravo' e o pomeleiro 'Star Ruby', notadamente, quando estão submetidos ao manejo testemunha, porém, semelhante à combinação Cravo/Tahiti, sob mesmo tratamento. Esta maior eficiência pode ser comparada com os resultados obtidos nas variáveis de crescimento, observando-se maiores valores médios nestas combinações. Da mesma forma, os menores valores médios são observados no limoeiro 'Volkameriano' sob copa de 'Star Ruby' condicionados ao

manejo 3 (Tabela 29), lembrando-se de que esta mesma combinação neste tratamento também foi relacionada como de menor crescimento, indicando a ligação entre os dados e a importância dos estudos do comportamento fisiológico para diagnóstico precoce de condições de estresse em plantas.

Tabela 29: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) aos 90 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	0,0292aA	0,0223aABC	0,0231aABC	0,0152bC	0,0188aBC	0,0278aAB
Manejo 2	0,0228abA	0,0217aAB	0,0178aAB	0,0180abAB	0,0121aB	0,0271aA
Manejo 3	0,0158bA	0,0216aA	0,0245aA	0,0252aA	0,0189aA	0,0155bA

Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) - 069; limoeiro 'Volkameriano' (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro 'Star Ruby' (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme a literatura, para laranja 'Pera', a eficiência de carboxilação da Ruby'sco está ao redor de $0,0476 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Mattos Junior et al., 2005), demonstrando limitação na carboxilação das plantas estudadas neste trabalho, fato relacionado, provavelmente, às condições climáticas locais no período de estudo, porém é importante notar que o condicionamento ao estresse promoveu diferenças significativas na eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco.

Considerou-se, ainda, que na concentração interna de CO_2 , não houve diferenças entre as fontes de variação; assim, a eficiência na carboxilação pode ter afetado no processo bioquímico de regeneração da Rubisco, que ocorre no ciclo de Calvin. Tal processo é dependente do substrato e da presença de energia (ATP e NADPH). Salienta-se que a salinidade tende a modificar o potencial osmótico do solo, fazendo com que o vegetal, para conseguir absorver água, reduza seu potencial, com gasto de energia e formação de compostos orgânicos complexos (Mattos Junior et al, 2005; Taiz e Zeiger, 2009), a exemplo da prolina.

6.2.4. Análise de Crescimento e Comportamento Fisiológico Com Períodos de Chuvas

6.2.4.1 Crescimento em diâmetro

Conforme Tabela 30, houve efeito significativo do manejo da água salina (manejo) nos diâmetros medidos no caule do porta-enxerto (DiamPE) (mm), do ponto da enxertia (DiamEnx) (mm) e no caule da copa (DiamCopa) (mm), destaca-se diferenças entre os porta-enxertos nas taxas de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) [mm/(mm*dia)] e no diâmetro do caule da copa (DiamCopa) (mm), já entre as copas, não houve diferenças apenas no DiamCopa. Ressalta-se, ainda, que houve interação significativa entre os porta-enxertos e os manejos de água salina nas taxas de crescimento relativo de diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) e na taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule no ponto da enxertia (TCRDEnx). Ante os resultados, percebe-se que o período de chuvas possibilitou modificação na interação das fontes de variação, intensificando a diferença entre algumas delas, como é o caso das copas e portaenxertos, tonando, ainda, menos diferenciado o manejo de água salina, ressaltando-se que as chuvas concentradas tendem a reduzir a salinidade do solo, notadamente o sódio, que estava sendo aplicado via água de irrigação.

Tabela 30: Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto (DiamPE) (mm), diâmetro do caule no ponto de enxertia (DiamEnx) (mm) e diâmetro do caule da copa (DiamCopa) (mm) aos 210 dias após transplante (DAT) e as taxas de crescimento relativo de diâmetro de caule do portaenxerto (TCRDPE) [mm/(mm*dia)], diâmetro n ponto de enxertia (TCRDEnx) [mm/(mm*dia)] e diâmetro de caule da copa (TCRDCopa) [mm/(mm*dia)] estudada entre os 90 e 210 DAT, todos em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		DiamPE	TCRDPE	DiamEnx	TCRDEnx	DiamCopa	TCRDCopa
Manejo de água salina (Manejo)	2	67,796**	1,607*10 ⁻⁷ ns	20,907*	9,479*10 ⁻⁷ ns	20,685*	5,312*10 ⁻⁷ ns
Porta-enxerto (PE)	2	16,352 ^{ns}	3,000*10 ⁻⁶ *	15,630 ^{ns}	6,224*10 ⁻⁷ ns	23,463*	4,000*10 ⁻⁶ ns
Copa	1	37,500*	1,900*10 ⁻⁵ **	28,167*	9,000*10 ⁻⁶ **	7,407 ^{ns}	1,000*10 ⁻⁵ **
Manejo x PE	4	9,407 ^{ns}	3,000*10 ⁻⁶ *	5,241 ^{ns}	2,000*10 ⁻⁶ *	0,574 ^{ns}	4,000*10 ⁻⁶ ns
Manejo x Copa	2	16,722 ^{ns}	3,000*10 ⁻⁶ ns	2,722 ^{ns}	3,868*10 ⁻⁷ ns	5,963 ^{ns}	3,000*10 ⁻⁶ ns
PE x Copa	2	4,500 ^{ns}	9,705*10 ⁻⁷ ns	4,222 ^{ns}	2,479*10 ⁻⁷ ns	3,352 ^{ns}	4,796*10 ⁻⁸ ns
PE x Copa x Manejo	4	14,389 ^{ns}	2,000*10 ⁻⁶ ns	9,611 ^{ns}	1,000*10 ⁻⁶ ns	10,018 ^{ns}	3,000*10 ⁻⁶ ns
Bloco	2	40,796**	1,000*10 ⁻⁶ ns	30,907**	3,579*10 ⁻⁷ ns	15,018 ^{ns}	7,179*10 ⁻⁷ ns
CV (%)		12,48	18,81	10,59	24,55	12,72	23,99
Média		21,79	0,0048	21,24	0,0039	18,15	0,0049

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Conforme pode ser observado na Figura 57A, os maiores diâmetros do caule de porta-enxerto podem ser observados no 'manejo 1', onde as plantas só receberam água com 0,8 dS m⁻¹ de CE, ressaltando-se superioridade das plantas enxertadas com limeira ácida 'Tahiti', notando-se valores entre 18 e 22 mm.

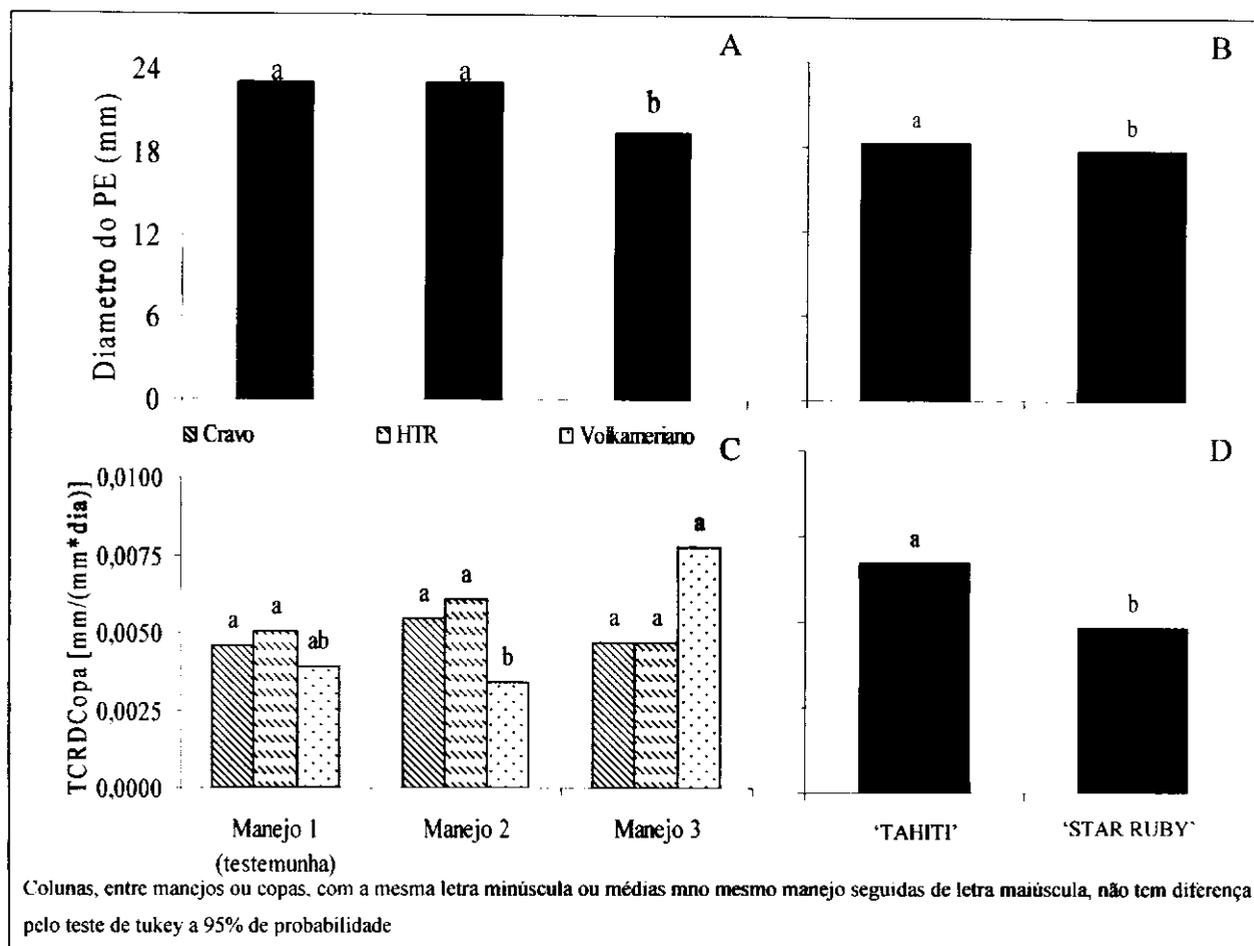


Figura 57: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro do caule do porta-enxerto (Diâmetro do PE) (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das copas ('Tahiti' e 'Star Ruby') (B); e para o taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDPE) [mm/(mm*dia)] em função dos manejos de água salina estudada em cada porta-enxerto com a média das copas (C) e em função das variedades copa (limeira ácida 'Tahiti' e pomeleiro 'Star Ruby') estudada com média das copas e manejos de água salina (D). Pombal, PB, 2010.

Quando se estuda a taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto [mm/(mm*dia)] a situação é diferente, pois não houve efeito do manejo e a interação entre manejo e porta-enxerto foi significativa, podendo-se ver (Figura 57C) que as plantas de limoeiro 'Cravo', que estavam sob o manejo 1 (testemunha), tiveram maior taxa, contudo, as plantas com o 'Volkameriano' como porta-enxerto podem se destacar, inclusive, com maior

média, mesmo no manejo 2, tratamento em que as plantas receberam água boa durante a formação das mudas e água de 2,4 dS m⁻¹ em campo, sendo este considerado o manejo que possibilitaria o maior estresse às plantas. Assim, pode-se inferir que o período de chuvas possibilitou redução no estresse ocasionado pelo aumento da concentração de sais, notadamente o sódio, até os 90 DAT. Contudo, o potencial de crescimento, inerente de cada genótipo, foi mais evidente, a exemplo das plantas enxertadas em ‘Volkameriano’, que, nas avaliações aos 60 e 90 DAT, tinham menores taxas de crescimento. É importante notar que as plantas enxertadas com ‘Tahiti’ também tiveram maior média (Figura 57D), evidenciando-se o potencial de crescimento das plantas desta variedade copa, fato recatado por Azevedo (2003) e Mattos Junior et al. (2005).

No diâmetro de caule medido no ponto de enxertia (DiamEnx), o efeito isolado dos manejos perdurou, sendo observadas as maiores médias nas plantas sobre o manejo 1, não havendo, contudo diferença significativa com as plantas do manejo 2 (Figura 58A e B), destacando-se as plantas enxertadas com ‘Tahiti’. Para a taxa de crescimento relativo em diâmetro na enxertia (TCRDEnx), estudada no período de 90 a 210 DAT, observa-se efeito significativo da interação entre porta-enxertos e manejos de água salina, ressaltando-se as maiores médias no ‘Volkameriano’ sob manejo 2, indicando o potencial do porta-enxerto em crescimento, já que em avaliações anteriores, as menores médias eram obtidas neste porta-enxerto; ressalta-se que, entre as variedades copa, a limeira ácida ‘Tahiti’ também foi distinta com média maior.

Para o diâmetro do caule da copa (DiamCopa), medido a 5 cm acima do ponto de enxertia, houve efeito significativo do manejo de água salina e diferença entre os porta-enxertos, observando-se na Figuras 59A e 59B maiores médias quando as plantas estão sob manejo 1 e sob o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ ou do limoeiro ‘Volkameriano’. Um fato interessante é que não houve diferença entre copa, embora esta parte da planta esteja envolvida diretamente com a variável, por outro lado, quando se estuda a taxa de crescimento em diâmetro do caule da copa (TCRDCopa) a única fonte de variação significativa foi a copa (Figura 59C), notando-se maiores taxas nas plantas sob ‘Tahiti’.

Um fato que pode se observar é a compatibilidade entre as variedades copa e os porta-enxertos, sendo caracterizada pela formação da ‘pata de elefante’, observando-se no campo, com os resultados obtidos, que nenhuma variedade copa foi incompatível com as

variedades porta-enxerto, o que é mais uma garantia de sucesso na implantação de pomares usando estes materiais.

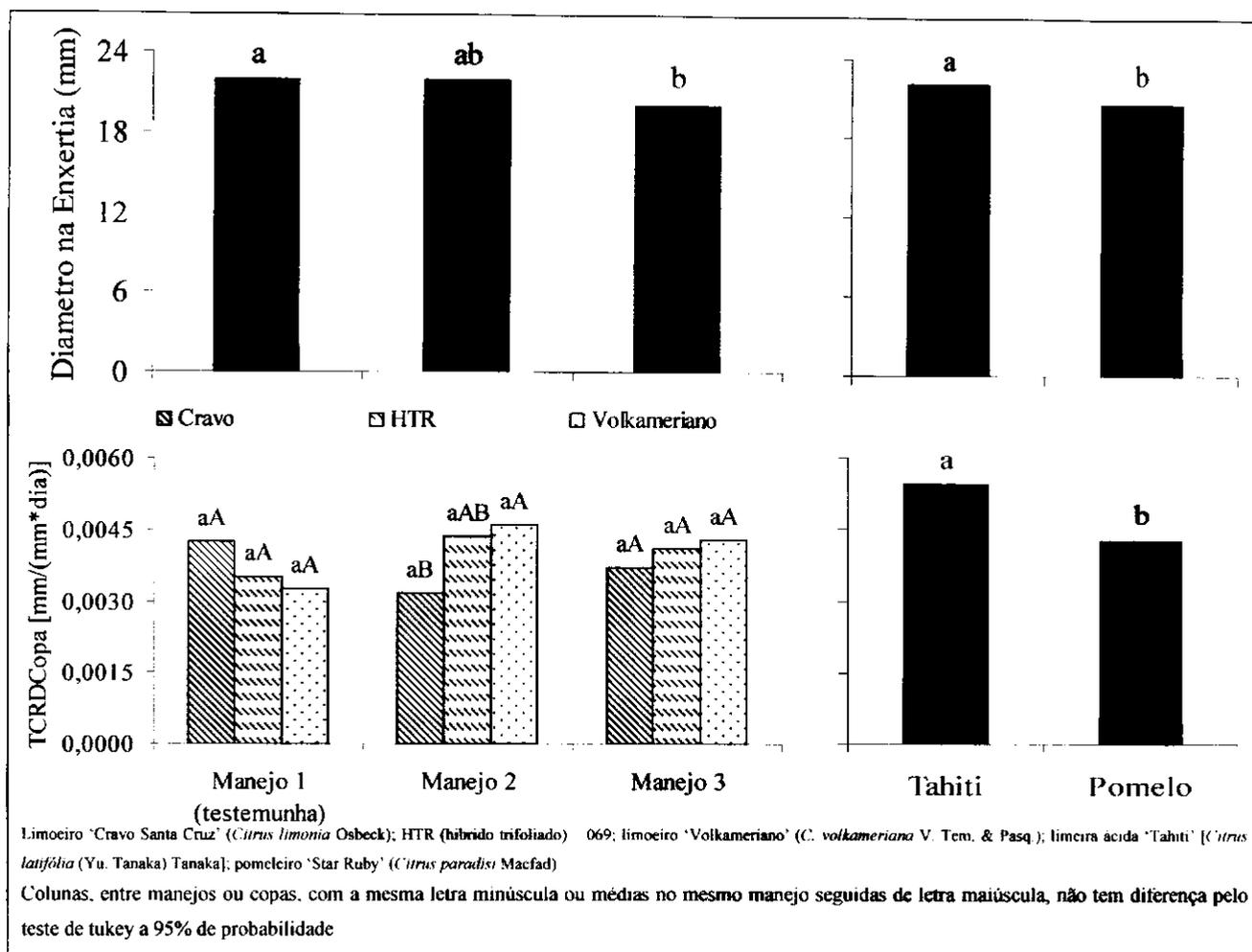


Figura 58: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro de caule no ponto de enxertia (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das copas ('Tahiti' e 'Star Ruby') (B); e a taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule no ponto de enxertia (TCRDEnx) [mm/(mm*dia)] em função dos manejos de água salina estudada em cada porta-enxerto (C) e em função das variedades copa (D). Pombal, PB, 2010.

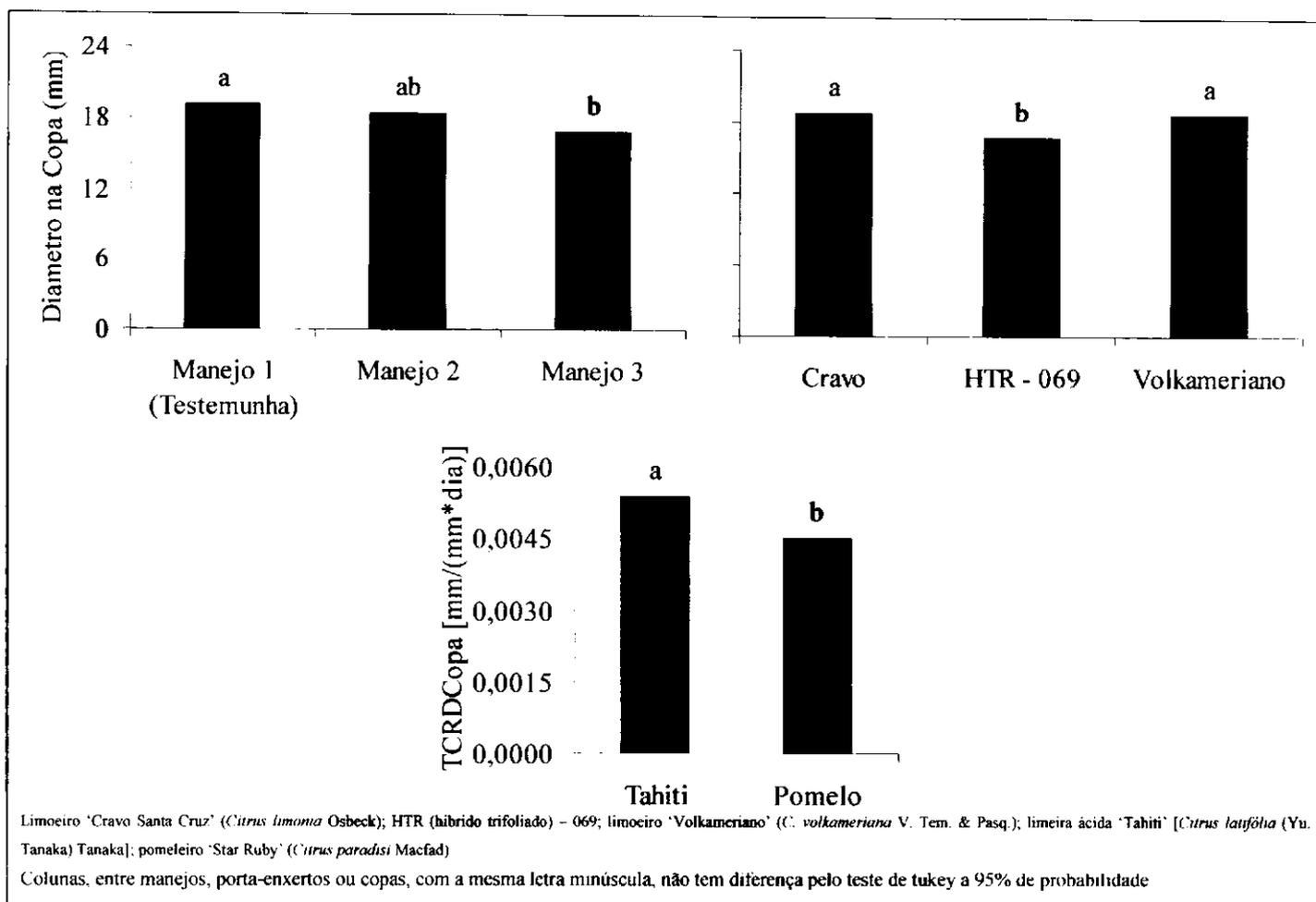


Figura 59: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para o diâmetro de caule da copa (mm) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e dos porta-enxertos (B); e a taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule da copa (TCRDCopa) [mm/(mm*dia)] em função das variedades copa estudada (C). Pombal, PB, 2010.

6.2.4.2 Crescimento em número de folhas

Para o crescimento em número de folhas (NF), estudado aos 210 DAT, pode-se relacionar, assim como aos 90 DAT, efeito significativo de todas as fontes de variação, tal fato permite confirmar que o crescimento das plantas, além de estar dependente de genótipo, é favorecido pelo porte inicial, pois houve diferença em todas as fontes de variação, mesmo com o período de precipitação, que uniformizou a quantidade de água no solo e, provavelmente, reduziu a concentração de sais, notadamente o sódio. Tais efeitos foram significativos, também, para a taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) [folhas/(folhas*dia)], diferente do que aconteceu aos 90 DAT, sendo verificado efeito da interação tripla entre os fatores estudados.

Tabela 31: Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF) aos 210 dias após o transplante (DAT) e taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRDNF) [mm/(mm*dia)] estudada entre os 90 e 210 DAT, todos em função do manejo de água salina (manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações. Pombal, PB, 2010.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio	
		Número de folhas	TCRNF
Manejo de água salina (Manejo)	2	159216,889**	0,000050**
Porta-enxerto (PE)	2	193920,500**	0,000033**
Copa	1	63654,000**	0,000100**
Manejo x PE	4	38882,972**	0,000051**
Manejo x Copa	2	31866,889**	0,000035**
PE x Copa	2	62028,722**	0,000012**
PE x Copa x Manejo	4	16384,028**	0,000006**
Bloco	2	6009,722*	0,000004*
CV (%)		9,22	8,70
Média		450,67	0,01518

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

Estudando-se o comportamento da interação copa/porta-enxerto com o Manejo de água salina no número de folhas (Tabela 32), verifica-se maiores médias nas plantas sob manejo 1 (testemunha), notadamente às combinações entre o limoeiro 'Cravo' com o 'Star Ruby' ou 'Tahiti' e entre o limoeiro 'Volkameriano' enxertado com 'Tahiti'. A menor média

é observada no HTR – 069 enxertado com ‘Star Ruby’. Ademais, vale ressaltar que as plantas enxertadas com ‘Star Ruby’ apresentaram maiores médias.

Tabela 32: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para o número de folhas aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	636,33aA	656,00aA	200,00bC	516,67aB	492,33aB	652,00aA
Manejo 2	655,67aA	558,00bAB	290,50aC	530,33aB	480,00aB	373,33bC
Manejo 3	316,00bAB	479,00bA	316,00aCD	371,33bBC	253,00bD	228,33cD

Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) – 069; limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Já na taxa de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) [folhas/(folhas*dia)], verifica-se maiores valores médios nas plantas sob manejo 2, notadamente, às combinações entre o ‘Star Ruby’ com os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e o ‘Volkameriano’ (Tabela 33). Fato interessante, pois as plantas sob copa de ‘Star Ruby’ tiveram menor quantidade de folhas, sobretudo, sob manejo 2, permitindo inferir que a redução do estresse ocasionado pelo período de chuvas, possibilitou melhores condições para crescimento destas plantas ou, possibilitando que as mesmas tenham apresentado maior eficiência.

Tabela 33: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para a taxa de crescimento relativo em número de folhas [folhas/(folhas*dia)] aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	0,0178bAB	0,0148aBC	0,0111bD	0,0127aCD	0,0202aA	0,0196aA
Manejo 2	0,0208aA	0,0145aBC	0,0159aB	0,0133aBC	0,0209aA	0,0121bC
Manejo 3	0,0152bA	0,0132aAB	0,0152aA	0,0136aAB	0,0112bB	0,0106bB

Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) – 069; limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

6.2.4.3 Comportamento fisiológico

Assim como aos 90 DAT, estudou-se, aos 210 DAT, a concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), a condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci), ressaltando-se significância do manejo de água salina no 'Ci', 'gs' e 'E', entre porta-enxertos só houve diferença na eficiência no uso da água (EUA), já entre copas não ocorreu diferença significativa apenas na concentração interna de CO₂ (Ci) (Tabela 34). Nota-se, ainda, efeitos das interações nas variáveis, podendo-se destacar o efeito da interação entre os porta-enxertos e as copas na eficiência do uso da água (EUA) e da interação tripla entre porta-enxerto, copa e manejo de água salina no 'Ci', fotossíntese (A) e na eficiência intrínseca da carboxilação (A/Ci). Ante os resultados, faz-se relação com o comportamento fisiológico descrito aos 90 DAT, ressaltando-se diferença apenas na concentração interna de CO₂ (Ci), pois, naquela ocasião, não houve diferenças significativas, porém, não pode-se deixar de mencionar que houveram efeitos de interações na condutância estomática (gs) e na transpiração (E), fato que pode estar relacionado ao estresse salino ocasionado pelos manejos de água aplicado naquela época.

Tabela 34: Resumo da análise de variância para as variáveis concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) em função do manejo de água salina (Manejo), porta-enxertos (PE), Copa e interações aos 210 dias após transplante (DAT). Pombal, PB, 2010.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		Ci	gs	E	A	EUA	EiC
Manejo de água salina (Manejo)	2	1620,712**	0,0689**	0,9515**	1,9020 ^{ns}	1,0926 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Porta-enxerto (PE)	2	152,865 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,3805 ^{ns}	2,2187 ^{ns}	1,6724*	0,00004 ^{ns}
Copa	1	330,670 ^{ns}	0,2266**	2,8630**	96,9364**	3,9027**	0,00131**
Manejo x PE	4	524,675*	0,0086 ^{ns}	0,0928 ^{ns}	3,7937**	0,5039 ^{ns}	0,00007**
Manejo x Copa	2	346,360 ^{ns}	0,0091 ^{ns}	0,0800 ^{ns}	11,8021**	1,2983 ^{ns}	0,00017**
PE x Copa	2	1129,534**	0,0001 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	13,8531**	2,8003**	0,00029**
PE x Copa x Manejo	4	494,613*	0,0026 ^{ns}	0,1631 ^{ns}	4,9890**	0,9693 ^{ns}	0,00010**
Bloco	2	556,257*	0,0039 ^{ns}	0,8694*	0,0387 ^{ns}	1,3379 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
CV (%)		4,63	23,77	13,93	12,14	20,09	13,86
Média		284,84	0,31	2,63	8,65	3,35	0,031

ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'

De maneira geral, relaciona-se que o efeito observado, pode estar vinculado a diferença no crescimento provenientes de fases anteriores, além de características genéticas intrínsecas de cada combinação copa/porta-enxerto, fato que é endossado pelo efeito significativo, na maioria destas variáveis, aos 90 DAT, da fonte de variação manejo de água.

Na tabela 35 tem-se o teste de Tukey ($p < 0,05$), comparando as médias da interação entre os manejos de água salina e as combinações copa/porta-enxerto, podendo-se notar maiores médias nas plantas sob o manejo 2, não havendo diferença entre combinações, ressalta-se que uma concentração interna de CO_2 maior, significa que o carbono não está sendo metabolizado pelo aparato fotossintético, o que pode estar sendo ocasionado por uma condição de estresse. Contudo, os valores de C_i variaram entre 260 e 310 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, fato considerado anormal para a cultura do citros, como descrito em Mattos Junior et al. (2005), diferente do que ocorreu aos 90 DAT, ante o fato, pode-se mencionar que, embora tenha-se usado a luz artificial para realização das leituras, o tempo estava nublado, o que pode ter contribuído para redução na taxa fotossintética, já que a energia do sol é um dos fatores necessários à realização da quebra de molécula da água, liberando energia para o posterior processo de fixação do CO_2 pela Rubisco (Taiz e Zeiger, 2009).

Tabela 35: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para a taxa concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) aos 210 DAT, em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, 2010

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	287,33aAB	276,00abAB	262,00bB	296,00aA	270,67bAB	273,33bAB
Manejo 2	289,33aA	295,00aA	294,67aA	300,67aA	285,00abA	308,00aA
Manejo 3	281,33aAB	264,67bB	260,67bB	288,33aAB	308,00aA	284,00abAB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na condutância estomática houve efeito isolado do manejo de água salina e das variedades copa, sendo os dados ilustrados na Figura 60, diferente do que aconteceu aos 90 DAT. Ressalta-se que as maiores condutâncias foram observadas nas plantas sob manejo 2 e 3, principalmente quando enxertadas com pomeleiro 'Star Ruby', observando-se valores entre 0,2 e 0,4 mol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, deve-se lembrar que os valores observados aos 90 DAT, ficaram abaixo de 0,1 mol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo considerados, inclusive, menores que os

valores normais dispostos na literatura para plantas de citros ($0,1$ a $0,3 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Mattos Junior et al., 2005), assim, com o período de precipitações, pode-se dizer que as plantas estão na condição normal de condutância, com valores condizentes com os da literatura, indicando que não há estresse hídrico.

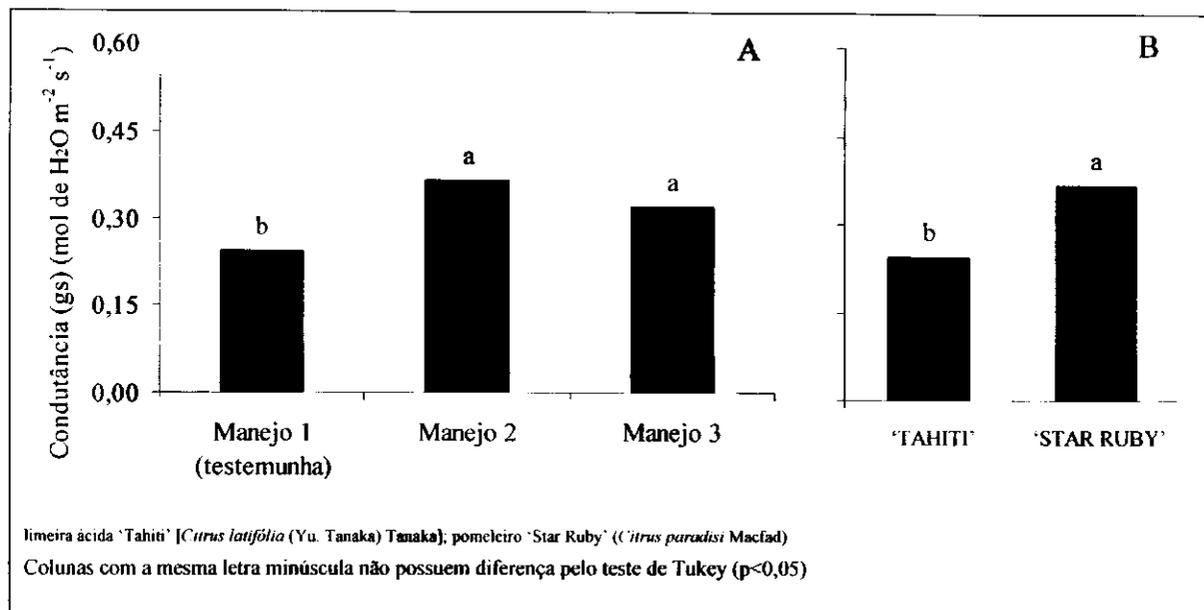


Figura 60: Teste de Tukey ($p < 0,05$) para a condutância estomática (Condutância) (gs) (mol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) estudado aos 210 DAT em função dos manejos de água salina (A) e das variedades copa (B). Pombal, 2010

A transpiração (E) teve, em parte, o mesmo comportamento da condutância estomática, observando-se, na Figura 61, podendo-se notar as maiores médias nas plantas sob manejo 3, enxertadas com 'Star Ruby', corroborando com os dados observados na condutância, já que a perda de água, decorrente da abertura dos estômatos, é denominada transpiração. Outra situação interessante é observada quando comparamos estes dados com os obtidos aos 90 DAT, pois há diferença entre os mesmos, já que aos 210 DAT a ' E ' variou entre $2,4$ e $3,0 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e aos 90 DAT ficou entre $1,0$ e $2,7 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ressaltando-se que em ambas as ocasiões de leitura, os valores ficaram próximos ao limite inferior de transpiração relatado na literatura, que está entre $1,0$ e $12 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Quanto à taxa de assimilação de CO_2 (A), nota-se efeito da interação tripla, sendo aqui discutido o efeito combinado dos manejos de água salina e das combinações copa/porta-enxerto. Ressaltando-se maiores valores médios em plantas da combinação entre o HTR – 069 e o pomeleiro 'Star Ruby', não havendo diferença entre os manejos de água salina (Tabela 36), quando estudado dentro desta combinação.

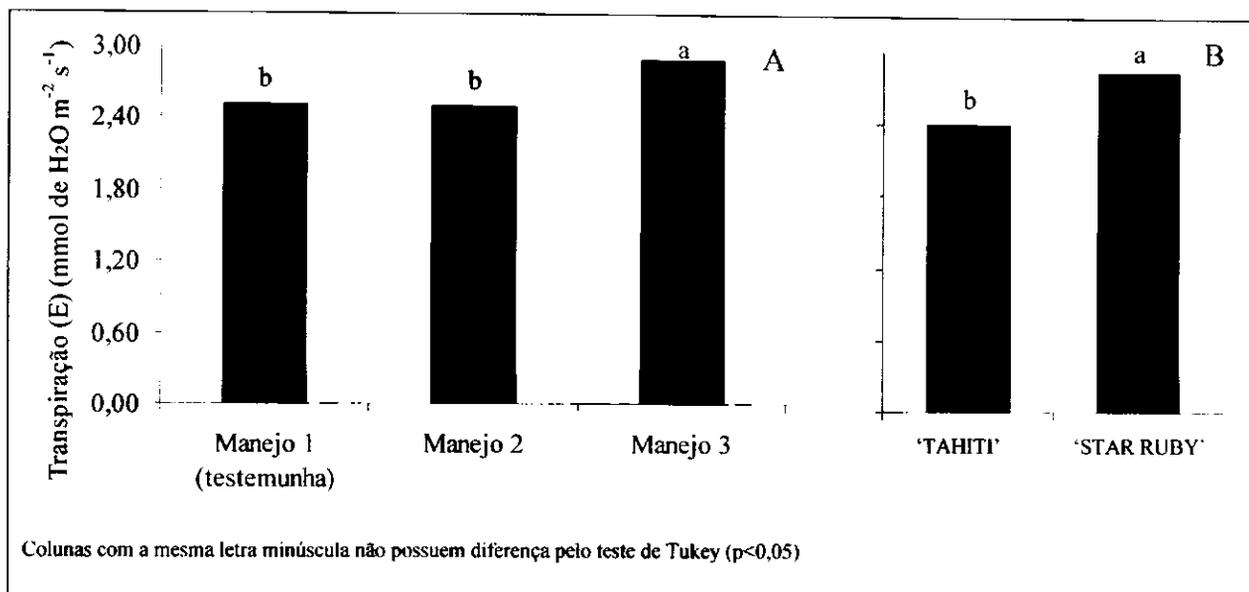


Figura 61: Teste de Tukey ($p < 0.05$) para a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) estudado aos 210 dias após transplante (DAT) em função dos manejos de água salina (A) e das variedades copa (B). Pombal, PB, 2010.

Salienta-se que a combinação mencionada (Star Ruby/HTR), não foi a de melhor média na avaliação dos 90 DAT, ressaltando-se, ainda, que naquela ocasião o manejo de água salina interferiu significativamente na fotossíntese, notando-se maiores médias nas plantas sob manejo 1, sendo que aos 210 DAT os maiores valores médios são observados nas plantas do manejo 2, as quais receberam água com CE de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ na fase de produção de mudas e $2,4$ na fase de campo. Ante a tal situação, pode-se levar a considerar que o vegetal, como forma de compensar o período de menor fotossíntese, bem como com menor número de folhas, tendem a aumentar a assimilação de CO_2 por m^2 ; ademais, é possível pensar que, considerando toda a área foliar, provavelmente, estas plantas tenham uma menor fotossíntese total.

Os valores de fotossíntese observados aos 210 DAT são superiores aos notados aos 90 DAT, inclusive, ficando próximos ou superando os valores obtidos para a cultura do citros por Syvertsen (1984), Machado et al. (1994), Syvertsen e Lloyd (1994) e Medina e Machado (1998), sendo que estes autores relatam valores entre 4 e $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; tal fato deve estar relacionado ao período de precipitações, o qual permitiu um maior crescimento das plantas e ocasionou, ainda, melhores condições para a realização da fotossíntese. Contudo, deve-se lembrar que a concentração de CO_2 na câmara subestomática estava alta, o

que permite informar que o potencial de assimilação de CO₂ (A) poderia ser maior, já que em plantas C₃, como é o caso dos citros, podem ter taxas entre 10 e 20 μmol m⁻² s⁻¹.

Tabela 36: Teste de médias (Tukey, p<0,05) para a taxa de assimilação de CO₂ (Fotossíntese) (A) (μmol m⁻² s⁻¹) aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	8,9967aABC	7,9733abBC	10,7533aA	4,5733bD	10,1333aAB	7,2700abCAB
Manejo 2	9,8100aAB	7,0433bC	11,1967aA	7,5300aBC	10,8033aA	5,8300bC
Manejo 3	8,9333aB	9,4600aAB	11,7067aA	7,7533aB	7,2033bB	8,2933aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para a eficiência no uso da água (Figura 62), as maiores médias foram observadas no HTR – 069 enxertado com ‘Star Ruby’, com valor médio próximo a 4,5 [(μmol m⁻² s⁻¹)*(mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], o que permite inferir que a combinação apresenta alta eficiência no uso da água, pois, para a cultura do citros, os valores médios relacionados na literatura estão em torno de 3,0 [(μmol m⁻² s⁻¹)*(mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]. Curiosamente, mesmo nas outras combinações, os valores médios foram semelhantes ao mencionado na literatura, indicando potencial para a cultura em ser cultivado sob condições do semiárido, caracterizado por ter um regime de chuvas limitado em quantidade e no tempo.

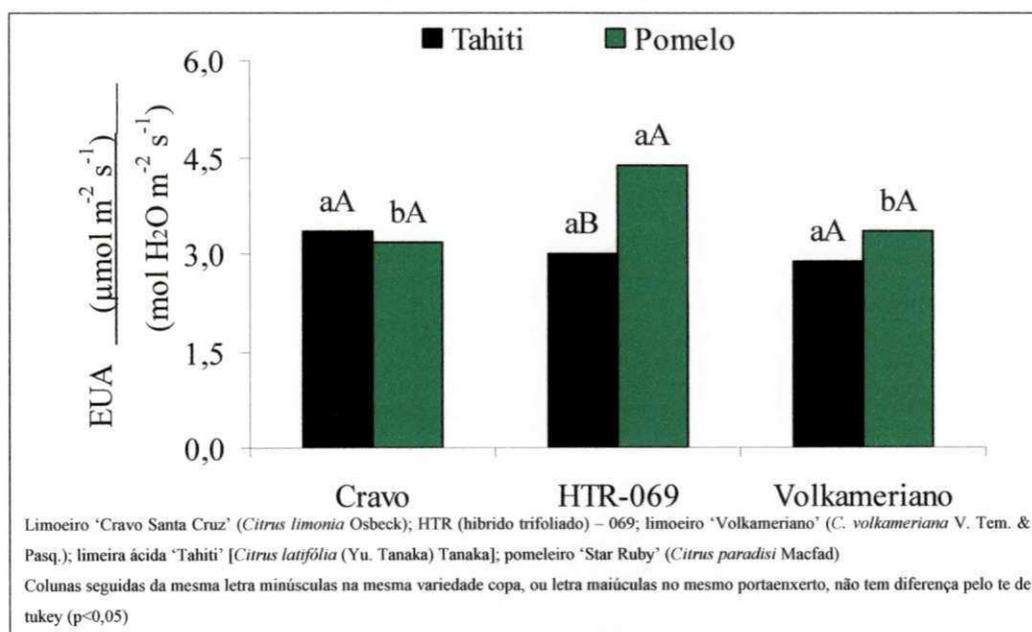


Figura 62: Teste de Tukey (p<0,05) para Eficiência no Uso da Água (EUA) [(μmol m⁻² s⁻¹)*(mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] aos 210 dias após transplante (DAT) estudado para cada variedade copa estudado em cada porta-enxerto. Pombal, PB, 2010.

À eficiência na carboxilação (EiC), ou seja, à capacidade de metabolizar o carbono que esta na câmara subestomática, sendo que, conforme Tabela 37, os maiores valores referencem à combinação entre o HTR-069 enxertado com ‘Star Ruby’, independente do manejo de água usado. Os dados foram coerentes com os obtidos na maioria das variáveis fisiológicas, podendo-se mencionar, também, os resultados obtidos nas taxas de crescimento relativo, onde o HTR-069 enxertado com ‘Star Ruby’ também apresentou maior rendimento. Desta maneira, tem-se um indicativo que o material apresenta alto potencial de crescimento, contudo, o estresse ocasionado inicialmente, limitou o crescimento efetivo.

Tabela 37: Teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para Eficiência intrínseca da Carboxilação (EiC) (A/Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 210 dias após transplante (DAT), em função das combinações copa/porta-enxerto estudadas em cada manejo de água salina. Pombal, PB, 2010.

Manejo de água salina	Copa/porta-enxerto					
	Limoeiro Cravo		HTR - 069		Limoeiro Volkameriano	
	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti	Star Ruby	Tahiti
Manejo 1	0,0313aABC	0,0289abBC	0,0411aA	0,0155bD	0,0376aAB	0,0268abC
Manejo 2	0,0339aAB	0,0239bBC	0,0379aA	0,0252aBC	0,0380aA	0,0195bC
Manejo 3	0,0318aBC	0,0359aAB	0,0449aA	0,0271aBC	0,0234bC	0,0292aBC

Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*Citrus limonia* Osbeck); HTR (híbrido trifoliado) – 069; limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.); limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka]; pomeleiro ‘Star Ruby’ (*Citrus paradisi* Macfad)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

7. CONCLUSÕES

1. A salinidade promove redução no crescimento, reduzindo a emissão de folhas, crescimento em altura de planta e em diâmetro caulinar das plantas.

2. O porta-enxerto é mais importante que a copa, quando se deseja materiais tolerantes à salinidade.

3. Em combinações copa/porta-enxertos a salinidade afeta de forma mais expressiva a parte aérea em relação ao sistema radicular, durante a fase de produção de mudas.

4. O estresse na fase de mudas é importante para aclimação das plantas quando irrigadas com água salina no campo.

5. O crescimento e o comportamento fisiológico das plantas de citros são limitadas pelas condições climáticas do semiárido paraibano, indicando-se o plantio no início do período das chuvas.

6. As copas ('Tahiti' e 'Star Ruby') enxertadas sob o 'Volkameriano' têm maior taxa de crescimento dentro do período de chuvas.

7. Plantas de HTR-069 enxertadas com pomeleiro Star Ruby têm melhor potencial fisiológico no semiárido dentro do período de chuvas.

8. RECOMENDAÇÕES

1. Os porta-enxertos TSKC x CTTR – 013, TSKC x CTSW – 031, TSKC x CTSW – 064 e TSKC x CTARG – 015 são indicados para compor programas de melhoramento genético de citros para obtenção de materiais tolerante a salinidade.

2. As copas de limeira ácida ‘Tahiti’ e pomeleiro ‘Star Ruby’, enxertadas com limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, híbrido trifoliado – 069 e limoeiro ‘Volkameriano’ são as mais indicadas para compor sistema de produção de mudas de citros irrigados com água de 2,4 dS m⁻¹.

3. O limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ é indicado para a produção em campo devido ao maior crescimento e melhor comportamento fisiológico quando enxertado com pomeleiro ‘Star Ruby’ ou limeira ácida ‘Tahiti’ sob condições de irrigação com água salina.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADNAN, A.Y.; Influence of salinity on citrus: A review paper. **Central European Agriculture Journal**, v.5, n.4, p.23-27, 2004.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultório e Comércio, 2010, 520p
- AGROBYTE. **Formação de mudas de citros**. [http: www.agrobyte.com.br/laranja.htm](http://www.agrobyte.com.br/laranja.htm), 2006
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rom: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ARBONA, V.; IGLESIAS, D.J.; PRIMO-MILLO, E. TALÓN, M.; GOMEZ-CADENAS, A. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.270, n.1/2, p. 73-82, 2005
- 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, 2003. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste.htm>. Acesso em 10/01/2010.
- BAÑULS, J.; SERNA, M.D.; LEGAZ, M.; PRIMO-MILLO, E. Growth and gas exchange parameters of *Citrus* plants stressed with different salts. **Journal of Plant Physiology**, v.150, n.1, p.194-199, 1997.
- BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN, A.F.; AMORIN, L.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOTTWALD, T.R.; BOVI, J.M. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death, as a tool to generated hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology**, v.93, p.502-512, 2003.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNESP, 2003. 41p.

- BOAVENTURA, P.S.R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substratos em ambiente protegido**. Campinas, 2003, 62p. Dissertação (Mestrado), Instituto Agronômico de Campinas.
- BOMAN, B. J. First-year response of 'Ruby Red' grapefruit on four rootstocks to fertilization and salinity. **Proceeding of the Florida-State Horticultural Society**, v. 106: p.12-18, 1993
- BOREM, A. **Melhoramento de plantas**, Viçosa, Ed. UFV, 4.ed., 456p, 1998
- BORROTO, C.N.; BORROTO, A.T. **Citricultura tropical**. Tomo 1. Habana: Ministério de Educação Superior, 1991. 227p.
- BRITO, M.E.B. **Tolerância de porta-enxertos de citros à salinidade**. Campina Grande, 2007, 107p, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande.
- BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p 343-353, 2008
- CARVALHO, S.A; GRAF, C.C.; VIOLANTE, A.R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. Cap.10, p.281-311.
- CERDÁ, A.; NIEVES, M.; GUILLEN, M.G. Salt tolerance of lemon trees as affected by rootstock. **Irrigation Science**, v.11, n.2, p.245-249, 1990.
- CERQUEIRA, E.C.; CASTRO NETO, M.T. de; PEIXOTO, C.P.; SOARES FILHO, W.S.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, J.G. de. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 26, n. 3, p. 515-519, Dezembro, 2004.
- CHEN, Z., NIL, H., JI, Y., GAN, J. e WU, Y. Identification of salt tolerance of some kind of citrus biotypes. **Proceeding of International Citrus Symposium**, Guangzhou, China, p. 271-275, 1990
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A. de C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistemas de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.21, n.3, p. 313-317, 1999
- COLE, P.J. Chloride toxicity in citrus. **Irrigation Science**, v.6, n.1, p.63-71, 1985.

- COORDENADORIA DE ASSISTENCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). **Normas para produção de mudas certificadas de citros**. Campinas: Secretaria de Agroicultura e Abastecimento, 23p, 1994.
- 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.
- DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. **Citrus**. Wallingford: Cab International, 1994. 254p.
- DONATO, S.L.; PEREIRA, C.S.; BARROS, Z.J.; SIQUEIRA, D.L. de; SALOMÃO, L.C.C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1507-1510, 2007
- EL-HAMMADY, A.M., ABOU-RAWASH, M., ABOU-AZIZ, A., ABDEL-HAMID, N. e ABDEL-MONEIM, E. Impact of irrigation with salinized water on growth and mineral content of some citrus rootstock seedlings. **Annear Agricola Science**, v. 40, p.327-341, 1995
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006, 403p.
- ESTANISLAU, M.L.L.; BOTEON, M.; CANÇADO JUNIOR, F.L.; PAIVA, B.M. de. Laranja e sucos: Aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v.22, n.209, p.8-20, 2001.
- FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.363-383.
- FAO. **Agriculture production: citrus production**. Rome, 2007. <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> (08 out. 2009).
- FERNANDES, P. D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002. 52 p.
- FERNANDEZ-BALLESTER, G., MARTINEZ, V., RUIZ, D.; CERDA, A. Changes in inorganic and organic solutes in citrus growing under saline stresses. **Journal of Plant Nutrition**, n.21, p.2497-2514, 1998

- FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos, SP. p.255-258.
- 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.
- FOOLAD, M.R.; CHEN, F.Q.; LIN, G.Y. RFLP mapping of QTLs conferring salt tolerance during germination in an interspecific cross of tomato. **Theoretical and Applied Genetics**, v.97, p.1133-1144, 1998.
- GARCÍA-LEGAZ, M.F.; ORTIZ, J.M.; GARCÍA-LIDON, A.G.; CERDÁ, A. Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v.89, p.427-432, 1993.
- GIRARDI, E.A. **Métodos alternativos de produção de mudas cítricas em recipientes na prevenção da morte súbita dos citros**, Piracicaba, Dissertação (Mestrado), 2005, 73 p, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ.
- GOMES, M.M.A.; LAGOA, A.M.M.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; MACHADO, M.A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.3, p.155-161, 2004.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T. GENVE, R.L. **Plant Propagation: Principles and Practices**, 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002, 880p.
- HODSON, R.W. Horticulture varieties of citrus. In: Reuther, W.; WEBBER, H.J.; BATCHELOR, L.D. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1967, v.1, cap. 4, p. 431-591.
- JAIMEZ, R.E.; RADA, F.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platina cv. Hartón (*Musa* AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v.104, n.1, p.79-89. 2005.
- KHANNA, R.C.; KUMAR, R.J.. Effect of salinity levels on the growth of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). **Indian Journal of Horticulture**, v. 47, p. 190-193, 1990.

- KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. **Botanical Review**, v.68, p.270-334, 2002.
- LACERDA, C.F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino**. Viçosa, Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal). 2000. 163 p, Universidade Federal de Viçosa.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMa Artes e Textos, 2006. 532p
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v. 10, p. 18 – 21, 1984.
- LEVY, Y., LIFSHITZ, J., MALACH, Y. DE; DAVID, Y. The response of several *Citrus* genotypes to high salinity irrigation water. **Hort Science**, v. 34, pg. 878-881, 1999.
- LEVY Y, SYVERTSEN JP. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. **Horticultural Reviews**, v. 30, p. 37–82, 2004
- LLOYD, J.; KRIEDMANN, P.E.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, water relations and ion concentration of leaves on salt stressed ‘Valencia’ orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.387-396, 1987.
- MAAS, E.V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, v.12, p.195-216, 1993.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.H. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers**, v.103, p.115-134, 1977.
- MACHADO, E.C.; QUAGGIO, J.A.; LAGÔA, A.M.M.A.; TICELLI, M. & FURLANI, P.R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegada dos citros. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.6, p.53-57, 1994.
- MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira ‘Valência’. **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999.
- MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T.; MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Reposas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1161-1170, 2005.

- MANO, Y.; TAKEDA K. Varietal variation and effects of some major genes on salt tolerance in barley seedlings. **Bulletin of Research Institute of Bioresources**, v.3, p.71-81, 1995.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.
- MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A.; SOUZA JUNIOR, L.C.; MORAIS, F.; MENDES, V.A.; MIRANDA, J.L.F. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Pombal, Estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag, 2005, 929p.
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba
- MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, v.57, p.15-22, 1998.
- MOORE, G.A.; GUY, C.L.; TOZLU, I.; WEBER, C.A. Mapping quantitative trait loci for salt tolerance and cold tolerance in *Citrus grandis* (L.) Osb x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. hybrid populations. **Acta Horticulturae**, v.53, n.1, p.37-45, 2000.
- MOYA, J.L.; GOMEZ-CADENAS, A.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Chloride absorption in salt-sensitive Carrizo citrange and salt-tolerant Cleopatra mandarin citrus rootstocks is linked to water use. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.383, p.825-833, 2003.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: Bring them together. **New Phytologist**, v.143, p.645-663, 2005.
- NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira "Prata" submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

- NIEVES, M., CERDA, A. e BOTELLA, M. Salt tolerance of two lemon scions measured by leaf chloride and sodium accumulation. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, p. 623-636, 1991.
- ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress**. New York: John Willey e Sons, 2000. 225p.
- PAZ, V.P. da S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.
- 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.
- POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; JORGE, J.P.N.; JACON, J.R. Competição de clones de limão cravo e de limão ‘Volkameriano’ como porta-enxertos em laranja Natal. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8. Brasília, 1986. **Anais...** Brasília, 1986, p.147-151.
- PRADO, C.H.B.A.; CASALI, C.A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. 448p.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001. 906p.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).
- 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).
- RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira “Valência”**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- RICHARDS, L.A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

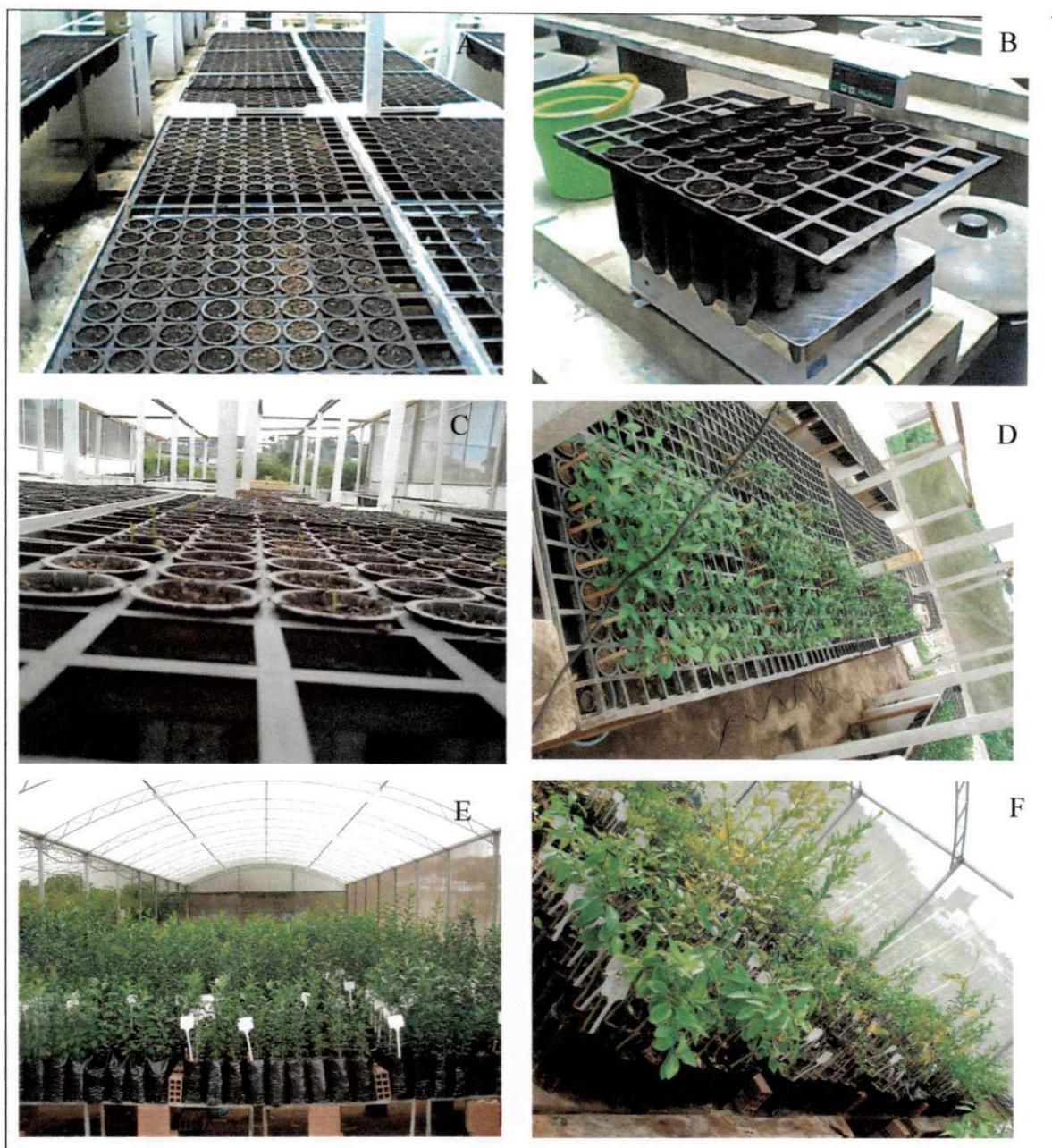
- RAO, N.H.; SARMA, P.B.S.; CHANDER, S. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 13, p. 25-32, 1988.
- RUIZ, D.; MARTINEZ, V.; CERDÁ, V. Demarcating specific ion (NaCl, Cl, Na.) and osmotic effects in the response of two citrus rootstocks to salinity, **Scientia Horticulturae**, v.80, n.2, p.213-224, 1999.
- SCHMITZ, J.A.K. **Cultivo de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. em recipientes: influência de substratos e de fungos micorrízicos arbusculares.** Porto Alegre, Dissertação (Mestrado), 1998, 144p, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SCHOLES, J.D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman e Hall, London, 1993. 252p.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 1, p. 5-38, 1999.
- SHIMAZAKI, K.I.; DOI, M.; ASMANN, S.M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.219-247, 2007.
- SILVA, C.L.S.P. **Apomixia em Citros: expressão diferencial de mRNA e proteínas em plantas e embriões zigóticos e apomíticos.** Jaboticabal, USP/CCAV, 2002, 110p. Tese de Doutorado.
- 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, p. 53-66 , 2003.
- SOARES FILHO, W. de S.; STUCHI, E.S.; LEÃO, H.C. de; SOUZA, A. da S.; COSTA, M.G.C.; LEDO, C.A. da S. Porta-enxertos para laranjeira ‘Valência’ com potencial de tolerância a seca. In. Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, v.5, 2009, Guarapari. O melhoramento e os novos cenários da Agricultura, **Anais...**, Vitória: Incaper, 2009. Seção de Trabalhos Técnico-científicos. 1 CD-ROM. (Incaper. Documentos, 11).
- SOARES, T.M. **Desenvolvimento de três porta-enxertos cítricos utilizando águas salinas**, Piracicaba, Dissertação (Mestrado), 2003, 94p, Universidade de São Paulo.
- SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; GRAF, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCHI, S.S. Irrigação de porta-enxertos cítricos com água salina. **Irriga**, v.11, n.3, p.428-440, Jul-Set, 2006

- SOUZA, L.D.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C.A. da S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.69-73, 2004.
- SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E.E. **Biology of citrus**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 230p
- SRIVASTAVA, A.K., KOHLI, R.R., LALLAN RAM; DASS, H.C. Relationship between chloride accumulation in leaf and cation exchange capacity of roots of *Citrus* species. **Indian Journal of Agricultural Science**, v.68, pg 39-41, 1998.
- STORCK, GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação agrícola**. Santa Maria : Editora da UFSM, 2000.198p.
- SYVERTSEN, J.P. Light acclimation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. **Journal of American Society Horticulture Science**, v.109, p.812-817, 1984.
- SYVERTSEN, J.P.; LLOYD. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v.2, p.65-99.
- TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.
- TAVIEIRA, J.A.M. Growing media utilization in containerized citrus tree production. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, v.6, Ribeirão Preto, 2001, **Proceedings...** Ribeirão Preto: ISCN, 2001, p. 189-192.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- TOZLU, I.; MOORE, G.A.; GUY, C.L. Regulation of growth and differential tissue dry mass accumulation by *Citrus grandis*, *Poncirus trifoliata* and their F1 under salinized and non-salinized environments. **Australian Journal of Plant Pysiology**, v.27, n.1, p.27-33, 2000.
- ZEKRI, M. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedling of eight citrus rootstocks. **Journal of Horticultural Science**, 1993, v. 68, n.1, p. 53-62.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L.R. Growth and root hydraulic conductivity of several citrus rootstocks under salt stress and polyethylene glycol stresses. **Physiologia Plantarum**, n. 77, p.99-106, 1989.

ZEKRI, M. E PARSONS, L.R.. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on root distribution, growth and stomatal conductance of sour orange seedlings. **Plant and Soil**, n.129, p.137-143, 1990.

APÊNDICE

Apêndice 1: Imagens do experimento em casa de vegetação



Apêndice 1: (A) a disposição de bandeijas e semeadura; (B) pesagem dos tubetes para obtenção do peso atual e cálculo da irrigação; (C) início da germinação das plântulas; (D) plantas em estágio inicial de crescimento; (E) plantas de citros acondicionadas em sacolas plásticas e (F) plantas de citros enxertadas.

Apêndice 2: Características do solo conforme manejo de água salina no campo

Manejo de água salina	Salinidade da água de irrigação	Características do solo			
		pH	CE (dS m ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺
Manejo 1	0,8 dS m ⁻¹	6,13	0,986	1,93	0,18
Manejo 2 e 3	2,4 dS m ⁻¹	5,69	0,451	0,51	0,19

Apêndice 3: Imagens do experimento em campo



Figura: Imagens das etapas de instalação do experimento, (A) piqueteamento da área; (B) distribuição das mudas; (C) mudas distribuídas para plantio; (D) plantio da última muda; (E) caixa para preparo de solução salina para irrigação; (F) muda em campo em estágio inicial de crescimento. Pombal, 2010

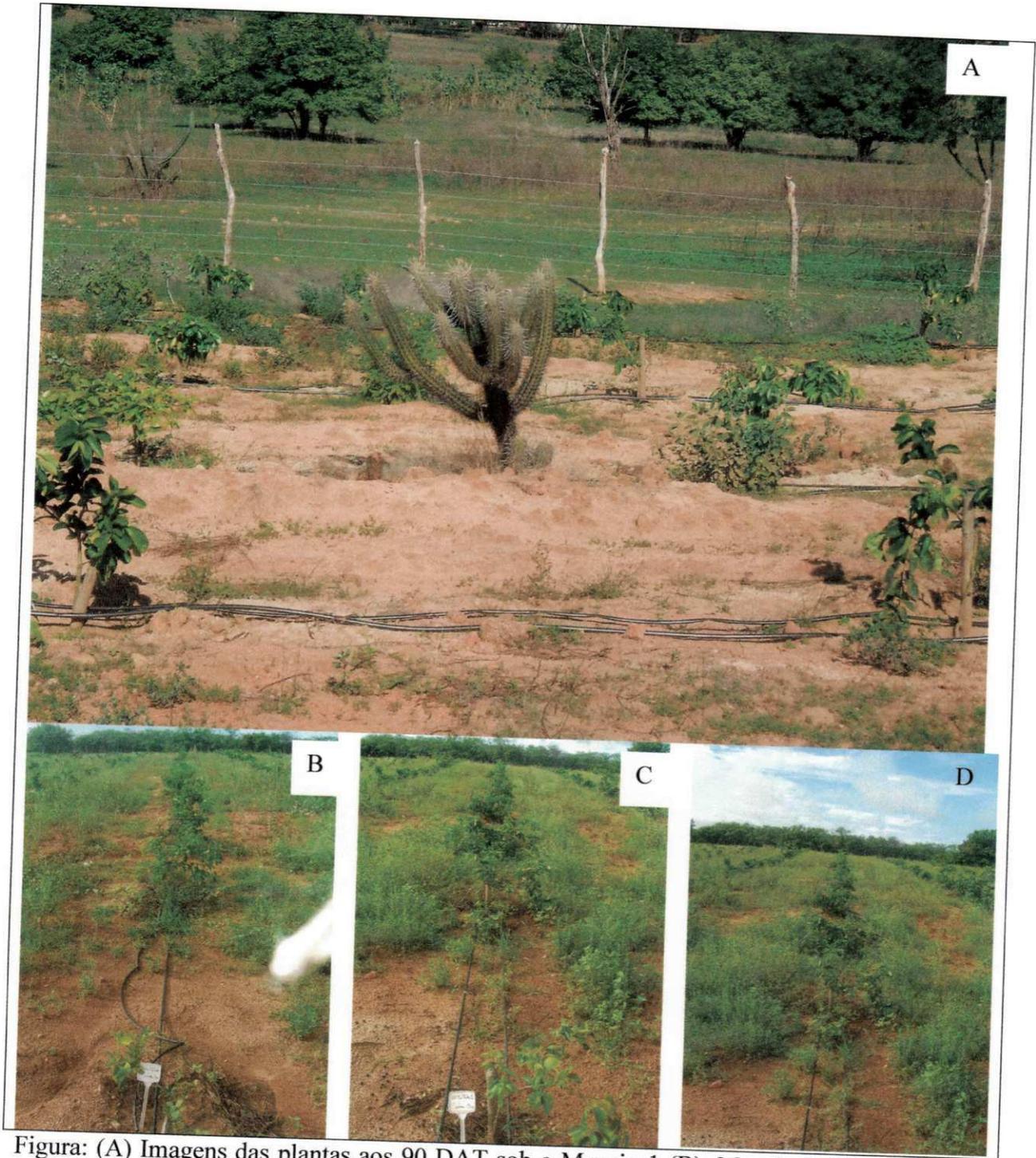


Figura: (A) Imagens das plantas aos 90 DAT sob o Manejo 1 (B), Manejo 2 (C) e Manejo 3 (D) aos 210 DAT. Pombal, 2010