UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

BRENO LEONAN DE CARVALHO LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE COQUEIRO ANÃO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

FORTALEZA
2014

BRENO LEONAN DE CARVALHO LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE COQUEIRO ANÃO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

Coorientador: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

L696r Lima, Breno Leonan de Carvalho.
Respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com águas salinas / Breno Leonan de Carvalho Lima. – 2014.
106 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerdal.
Coorientação: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto.

1. Coco. 2. Salinidade. 3. Trocas gasosas. 4. Plantas - Efeito do sal. I. Título.

CDD 630

BRENO LEONAN DE CARVALHO LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE COQUEIRO ANÃO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 11 / 02 / 2014.

BANCA EXAMINADORA

Claudivan Feitosa de Lacerda

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto (Coorientador)

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Ph. D. Jorge Freire da Silva Ferreira (Conselheiro)

United States Salinity Laboratory (USDA-ARS)

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

Aos meus pais, Fátima e Iran.

À minha noiva, Jeska.

Aos meus avôs, Ceci e Salustiano (*in memorian*).

Ao meu tio, Bau (*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

À DEUS, pela minha existência, por me guiar nos momentos mais difíceis, por sempre mostrar e iluminar meu caminho...

Aos meus pais, Maria de Fátima Carvalho e Iram Trindade, por todo incentivo, carinho, amor, formação e educação a qual me proporcionaram.

À minha noiva, Jeska Thayse da Silva Fernandes, por todo amor, carinho, presteza, dedicação e paciência durante todo tempo em que estamos juntos.

Aos meus tios, Raimundo Nonato de Carvalho e Ana Maria de Carvalho, por toda ajuda e apoio que me concederam quando da minha vinda à Fortaleza.

Ao meu pai Arnóbio Pereira de Lima, que mesmo pela sua ausência, suas mensagens de perseverança me motivaram durante minha formação na graduação e pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal, pelo apoio financeiro a realização deste experimento.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, pela oportunidade de cursar a graduação, realizar minhas atividades de pesquisa e moradia durante o curso de Agronomia.

À Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de cursar a pós-graduação e realizar minhas atividades de pesquisa.

Ao Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU, pelo espaço e suporte a realização desta dissertação de mestrado entre outras atividades de pesquisas.

Ao Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, pela excelente orientação, amizade, paciência e confiança a mim dada durante o curso de mestrado, pois tal reconhecimento serviu-me da bastante motivação para alcançar os objetivos almejados.

Ao Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto, pela excelente coorientação, amizade, ensinamentos, conselhos e convívio durante seu período pós-doutoral na UFC, ao qual tenho grande admiração, pois foi um grande incentivador e colaborador no desenvolvimento desta dissertação assim como minha formação pessoal e profissional na pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra, pelos conselhos, colaboração, paciência e amizade.

Ao Dr. Jorge Freire da Silva Ferreira, por suas valiosas sugestões ao trabalho de dissertação, pelos conselhos e por aceitar compor a banca examinadora, assim como os demais membros, para este trabalho de dissertação.

Aos Professores, Dr. Enéas Gomes Filho e o Dr. Joaquim Enéas Filho, por permitirem a utilização das dependências do Laboratório de Fisiologia Vegetal I e II durante as análises bioquímicas.

Ao Prof. Dr. José Francismar de Medeiros, pela orientação, amizade, convívio e ensinamentos durante a graduação na UFERSA e por permitir o uso das dependências do Laboratório de Irrigação e Salinidade na mesma instituição durante a realização das análises de tecidos vegetais.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), por toda amizade, convívio, ensinamentos e por toda ajuda a mim dada durante a graduação e pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Luis de França Camboim Neto, pela amizade e as valiosas sugestões ao trabalho no processo de qualificação de mestrado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, em especial ao Dr. Raimundo Nonato Távora Costa, Dr. Renato Sílvio da Frota Ribeiro, Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, Dr. Marlos Alves Bezerra (Embrapa), Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana, Dr. Adunias dos Santos Teixeira, Dr. José Antônio Delfino Barbosa, Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Dr. Daniel Albiero, pelos ensinamentos e pela conduta profissional a qual pude me referenciar com muita satisfação durante o curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa, por toda sua colaboração e amizade no desenvolvimento desta pesquisa, assim como as valiosas sugestões dadas no processo de qualificação de mestrado.

Ao doutorando em Bioquímica, Rafael de Souza Miranda e ao Dr. Elton Camelo Marques, pelas valiosas colaborações, paciência e amizade no desenvolvimento desta pesquisa, assim como o bolsista de apoio técnico, Luckas Huriel Duarte de Menezes, por toda ajuda a mim dada durante a realização das análises bioquímicas.

Aos integrantes do grupo de pesquisa NESSA, em especial, Antônia Leila Rocha Neves, Hernandes de Oliveira Feitosa, Gabriel Castro Farias, Francisco Jardelson Ferreira, Francisco Luciano de Andrade Filho, José Adriano da Silva, Francisca Edineide Lima Barbosa, Mailson Pereira Alves, e Liliane Maia de Andrade.

Aos integrantes do grupo de pesquisa MASAP, David de Holanda Campelo, Maria da Saúde de Souza Ribeiro, Marcos Antônio dos Santos Morais, Claudia Albuquerque

Carvalho Melo e Keivianne da Silva Lima, pela valorosa colaboração neste trabalho e nas pesquisas do grupo.

As técnicas do Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – LASAP/UFERSA, Ana Kaline da Costa Ferreira e Ana Cecília da Costa Sinclair, e os discentes de Agronomia Luan Alves Lima e Francisco Mardones Sérvulo Bezerra, pela amizade, por toda ajuda e colaboração a mim dada durante as realizações das análises de tecidos vegetais nas dependências da UFERSA.

Aos colegas de turma, Francisco Aldiel Lima, Reivany Eduardo Morais Lima, Darlan Leão Braga, Maria Emília Bezerra de Araújo e Chrislene Nojosa Dias, por todo convívio e amizade ao longo do curso de mestrado.

Aos amigos da pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFC, em especial, Alexandre Reuber Almeida da Silva e Francisco Leandro Barbosa da Silva, assim como ao secretário da pós-graduação, Manoel Rodrigues da Silva (Jacó), por toda amizade, convívio, colaboração e bons momentos vividos.

Aos amigos da graduação em Agronomia, Francisco Ronaldo Alves de Oliveira, Dimas Paiva de Moraes e Ciro Igor Torres Sizenando e da pós-graduação em Irrigação e Drenagem da UFERSA, Daniel da Costa Dantas, por toda amizade e convívio durante nossa passagem por esta instituição.

Aos amigos da Casa 2 da Vila Acadêmica da UFERSA, José Iram Mota Alves, Raimundo Alberto Rego Júnior, Carlos Jardel Xavier Cordeiro, entre outros amigos aqui não citados, por toda hospitalidade e presteza durante as análises de tecidos vegetais e convivência durante a graduação em Agronomia.

A todos que direta e indiretamente fez parte da minha passagem durante o curso de mestrado em Engenharia Agrícola na UFC.

A todos vocês... Meu muito obrigado!

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo” (Albert Einstein)

RESUMO

LIMA, Breno Leonan de Carvalho. Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2014. **Respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com água salina**. Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda. Conselheiros: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto, Ph. D. Jorge Freire da Silva Ferreira, Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.

O uso de plantas tolerantes é uma importante alternativa para o enfrentamento do problema da salinidade na agricultura em regiões semiáridas. O coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) vem se destacando como uma cultura tolerante ao estresse salino, porém, pouco se sabe sobre os mecanismos fisiológicos que podem contribuir para o estabelecimento de mudas desta espécie sob condições de salinidade. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação com águas salinas nas respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro anão. O experimento foi conduzido no período entre dezembro de 2012 e abril de 2013, em casa de vegetação do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, sendo estes expressos pela condutividade elétrica da água (CEa), denominados: S1=0,9 (tratamento controle); S2=5,0; S3=10,0; S4=15,0 e S5=20,0 dS m-1. Os dados de crescimento e das variáveis fisiológicas (taxa de fotossíntese, teor de clorofila e potencial hídrico) indicam que o coqueiro é tolerante a salinidade da agua de irrigação de 5 dS m^{-1} durante a fase de produção das mudas. A retenção de íons potencialmente tóxicos e os elevados teores de solutos orgânicos nas raízes, em relação aos folíolos, indicam que as raízes desempenham importante papel no mecanismo de tolerância do coqueiro aos níveis elevados de salinidade. Os resultados permitem inferir sobre a possibilidade de uso de agua salobra com CEa até 5 dS m^{-1} para produção de mudas de coqueiro anão, sem que haja perda na qualidade das mudas, não afetando o padrão destas na fase de viveiramento. Portanto, o estudo revela uma alternativa de uso de água salobra promovendo uma economia de 100% de água potável com qualidade para o consumo humano.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L. Salinidade. Tolerância à salinidade. Trocas gasosas foliar. Solutos orgânicos.

ABSTRACT

LIMA, Breno Leonan de Carvalho. Universidade Federal do Ceará. February 2014 **Physiological and morphological responses in the production of seedlings of dwarf coconut irrigated with saline water**. Advisor: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda. Advisors: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto, Ph. D. Jorge Freire da Silva Ferreira, Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.

The use of tolerant plants and an important alternative to face the problem of salinity in semi-arid regions. The dwarf coconut palm (*Cocos nucifera* L.) has emerged as a salt tolerant crop, however little is known about the physiological mechanisms that may contribute to the establishment of seedlings of this species under conditions of salinity. Given the above, the aim of this study was to evaluate the effect of irrigation with saline water on physiological and morphological responses in seedlings of dwarf coconut water. The experiment was conducted in the period between December 2012 and April 2013 in the greenhouse of the Center for Teaching and Research in Urban Agriculture of the Universidade Federal do Ceará – Brazil. The treatments consisted of five levels of salinity of irrigation water, which are expressed by the electric conductivity (ECw): S1 = 0,9 (control); S2 = 5,0; S3 = 10,0 ; S4 = 15,0 and S5 = 20,0 dS m^{-1}. The results of growth and physiological parameters (rate of photosynthesis, chlorophyll content and water potential) indicate that the coconut is tolerant to salinity of irrigation water of 5 dS m^{-1} during the stage of seedlings. The retention of toxic ions and high levels of organic solutes in roots, in relation to the shoots, suggest that roots play an important role in the mechanism of tolerance of coconut to high levels of salinity. The results allow us to infer the possibility of using brackish water with ECw up to 5 dS m^{-1} for production of seedlings of dwarf coconut, without losing the quality of seedlings. Therefore, our results revealed an alternative for use of brackish water and to promoting economy of fresh water used for human consumption.

Keywords: *Cocos nucifera* L. Salinity. Salt tolerance. Leaf gas exchange. Organic solutes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo do Experimento no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC. Fortaleza, Ceará. 2013..... 30

Figura 2 – Detalhe da vista frontal da casa de vegetação no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC onde foi instalado o experimento. Fortaleza, Ceará. 2012..... 31

Figura 3 – Detalhe das mudas de coqueiro..... 32

Figura 4 – Croqui da área experimental no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC..... 33

Figura 5 – Detalhes do preenchimento dos vasos com brita Nº 1 (A), manta de bidim OP-20 (B), entalhamento da muda e preenchimento parcial com solo (C) e bandeja com orifício para drenagem do lixiviado e recipiente coletor (D)..... 35

Figura 6 – Evolução do crescimento em altura (A), diâmetro do coleto (B) e número de folhas (C)..... 44

Figura 7 – Altura (H) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C)..... 46

Figura 8 – Taxas de crescimento absoluto (TCA-H) entre 0-40 (A), 40-80 (B) e 80-120 (C) e taxas de crescimento relativo (TCR-H) entre 0-40 (D), 40-80 (E) e 80-120 (F) DAIT da altura (H)..... 48

Figura 9 – Diâmetro do coleto (DC) das mudas de coqueiro aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C)..... 50

Figura 10 – Taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) entre 0-40 (A), 40-80 (B) e 80-120 (C) e taxas de crescimento relativo (TCR-D) entre 0-40 (D), 40-80 (E) e 80-120 (F) do diâmetro do coleto (DC)..... 52

Figura 11 – Número de folhas (NF) aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) e área foliar (AF) aos 120 DAIT (D)..... 54

Figura 12 – Massa seca da parte aérea (A), da raíz (B) e massa seca total (C) aos 120 DAIT..... 57

Figura 13 – Visão do crescimento das plantas, destacando-se a parte aérea (A) e sistema radicular (B)..... 58

Figura 14 – Área foliar específica (A), suculência foliar (B), razão de área foliar (C), 61

razão de peso foliar (D).....
Figura 15– Visão geral da evolução da condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F)..... 62
Figura 16– Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), razão C_i/C_a (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) aos 40 DAIT..... 65
Figura 17– Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), relação Ci/Ca (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) aos 80 DAIT..... 67
Figura 18– Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), relação Ci/Ca (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) aos 120 DAIT..... 69
Figura 19– Evolução da clorofila total (Índice SPAD)..... 70
Figura 20– Clorofila total (Índice SPAD)..... 72
Figura 21– Clorofilas *a*, *b* e total..... 74
Figura 22– Evolução da eficiência fotoquímica potencial da clorofila (Fv/Fm)..... 75
Figura 23– Eficiência fotoquímica potencial (Fv/Fm)..... 76
Figura 24– Potencial hídrico foliar (Ψ_{hf})..... 78
Figura 25– Teores e conteúdos de K^+ (A, parte aérea; B, raíz), Na^+ (C, parte aérea; D, raíz) e Cl^- (E, parte aérea; F, raíz)..... 83
Figura 26– Teores de prolina (A e B), N-aminossolúveis (C e D) e carboidratos solúveis (E e F) nas raízes e nos folíolos..... 85
Figura 27– Condutividade elétrica do substrato ($CE_{1:1}$) (A) e pH (B)..... 88
Figura 28– Teores de Ca^{2+} (A), Mg^{2+} (B), Na^+ (C) e K^+ (D) do solo..... 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físico-químicas das águas utilizadas..... 34

Tabela 2 – Análise físico-química do solo (arisco + composto orgânico) utilizado no experimento..... 36

Tabela 3 – Resumo da análise de variância e da regressão para altura (H)..... 45

Tabela 4 – Resumo da análise de variância e da regressão para as taxas de crescimento absoluto (TCA-H) e relativo (TCR-H) em altura (H)..... 47

Tabela 5 – Resumo da análise de variância e da regressão para diâmetro do coleto (DC)..... 49

Tabela 6 – Resumo da análise de variância e da regressão para as taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) e relativo (TCR-DC) em diâmetro do coleto (DC)..... 51

Tabela 7 – Resumo da análise de variância e da regressão para o número de folhas (NF) aos 40, 80 e 120 e área foliar (AF)..... 53

Tabela 8 – Resumo da análise de variância e da regressão para as massas secas da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST)..... 56

Tabela 9 – Resumo da análise de variância e da regressão para área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF)..... 59

Tabela 10 – Resumo da análise de variância e da regressão para estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 40 DAIT..... 63

Tabela 11 – Resumo da análise de variância e da regressão para condutância (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 80 DAIT..... 66

Tabela 12 – Resumo da análise de variância e da regressão para estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 120 DAIT..... 68

Tabela 13 – Resumo da análise de variância e da regressão para o índice SPAD..... 71

Tabela 14 – Resumo da análise de variância e da regressão para as concentrações de clorofilas *a*, *b* e total..... 73
Tabela 15 – Resumo da análise de variância e da regressão para a eficiência fotoquímica potencial (Fv/Fm)..... 75
Tabela 16 – Resumo da análise de variância e da regressão para o potencial hídrico foliar (Ψ_{hf})..... 77
Tabela 17 – Resumo da análise de variância e da regressão para os teores de K^+, Na^+ e Cl^- na parte aérea e nas raízes..... 79
Tabela 18 – Resumo da análise de variância e da regressão para os conteúdos de K^+, Na^+ e Cl^- na parte aérea e nas raízes..... 80
Tabela 19 – Resumo da análise de variância e da regressão para os conteúdos de prolina, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis nas raízes e folíolos..... 84
Tabela 20 – Resumo da análise de variância e da regressão para a condutividade elétrica do substrato ($CE_{1:1}$) e pH..... 87
Tabela 21 – Resumo da análise de variância e da regressão para teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ e K^+..... 89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA	Centro de Ciências Agrárias
DBBM	Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular
DIAT	Dias Após o Início dos Tratamentos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia do Ceará
LABFIVE	Laboratório de Fisiologia Vegetal
NEPAU	Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 17
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 20
2.1 A cultura do coqueiro..... 20
2.1.1 Considerações gerais..... 20
2.1.2 Botância e morfologia do coqueiro..... 20
2.1.3 Ecofisiologia do coqueiro..... 22
2.2 Uso de águas salinas na agricultura..... 23
2.3 Efeito dos sais nas plantas..... 24
2.3.1 Considerações gerais..... 24
2.3.2 Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas..... 25
2.3.3 Tolerância das culturas à salinidade..... 27
2.4 Salinidade em coqueiro..... 28
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 30
3.1 Localização geográfica e características da área experimental..... 30
3.2 Aquisição de mudas e material vegetal utilizado..... 31
3.3 Tratamentos e delineamento experimental..... 32
3.4 Preparo das águas utilizadas para irrigação..... 33
3.5 Material utilizado para o acondicionamento das mudas..... 34
3.6 Irrigação e tratos culturais..... 36
3.7 Variáveis analisadas..... 37
3.7.1 Variáveis morfológicas..... 37
3.7.1.1 Crescimento..... 37
3.7.1.2 Relações morfométricas..... 38
3.7.2 Variáveis fisiológicas..... 38
3.7.2.1 Trocas gasosas..... 39
3.7.2.2 Índice relativo de clorofila e clorofilas a, b e total..... 39
3.7.2.3 Fluorescência da clorofila..... 40
3.7.2.4 Potencial hídrico foliar..... 40
3.7.3 Variáveis bioquímicas..... 40
3.7.3.1 Solutos inorgânicos..... 40
3.7.3.2 Solutos orgânicos..... 41

3.7.4 ***Variáveis do substrato*** 42
3.7.4.1 *Condutividade elétrica e pH* 42
3.7.4.2 *Bases trocáveis* 42
3.8 **Análises estatísticas** 42
4 **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 44
5 **CONCLUSÕES** 91
REFERÊNCIAS 92

1 INTRODUÇÃO

Responsável por mais de 50% da produção de coco na América do Sul em 2012, o Brasil apresenta uma produção de mais de 1,95 milhões de toneladas, em uma área colhida de 257 mil ha de coqueiros (IBGE, 2012), destacando o avanço do país, onde em 1990 a produção de coco era de apenas 477 mil toneladas numa área de 287 mil há conforme Martins e Jesus Junior (2011). Aproximadamente 80% da área cultivada com coqueiro, no momento, encontra-se na Ásia (Índia, Filipinas, Indonésia, Sri Lanka e Tailândia) com o restante distribuído entre a África, América Latina, Oceania e Caribe (FONTES; WANDERLEY, 2010).

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking da produção de coco no mundo, sendo responsável por 5% da produção mundial, ficando atrás da Indonésia, Filipinas e da Índia (FAO, 2012). Predominante na maioria dos estados das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, os plantios de coqueiros no Brasil têm por finalidade a produção de água de coco, sendo o país, o primeiro e único produtor deste subproduto. A variedade Anão-Verde é a que mais se destaca devido ao bom rendimento e qualidade da água associados à produção em clima tropical, recursos hídricos e solos (HOLANDA *et al*., 2007).

A região Nordeste do Brasil é responsável por aproximadamente 70% da produção nacional de coco conforme dados do IBGE (2012), sendo os estados da Bahia e Ceará os principais produtores, os quais, juntos são responsáveis por mais da metade da produção regional. O estado do Ceará assume a segunda posição no ranking da produção nacional, ficando à frente dos estados de Sergipe, Pará, Espírito Santo e Pernambuco.

Com uma área de 969.589,4 km^2, a região semiárida brasileira compreende 1.113 municípios localizados nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, e o norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Esta região caracteriza-se pela precipitação média anual inferior a 800 mm (isoieta de 800 mm), índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990 e, um risco de seca maior que 60%, para o período entre 1970 e 1990 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

Os maiores estados produtores de coco do país encontram-se no Nordeste brasileiro, sendo estes pertencentes à região semiárida, para a qual a cocoicultura tem grande importância econômica. Outro aspecto relevante desta cultura, é que a região apresenta

elevada densidade populacional (>20 hab km^{-2}) comparada a outras regiões semiáridas do globo, fazendo-se necessário a produção de alimentos, assim como a geração de empregos no ramo da fruticultura e de outras atividades agrícolas nesta região (ARAÚJO, 2012).

A convivência com o semiárido vem sendo estudada por muitas décadas com vistas à implantação de tecnologias adequadas e aproveitamento dos recursos naturais de forma mais racional possível. Porém, o uso de alguns recursos naturais nesta região torna-se limitado ou inviável na agricultura, seja pela escassez ou pela baixa qualidade para a utilização dos mesmos.

É comum na região semiárida que os recursos hídricos como as águas provenientes de poços, açudes e rios, p. ex., devido ao excesso de sais, e em muitas vezes, sua pouca disponibilidade durante a seca, dificulta a vida do agricultor por diminuir o rendimento das culturas ou simplesmente pela falta água para a irrigação nos períodos de estiagem.

Em algumas áreas do nordeste, em virtude das condições edafoclimáticas, como também do manejo inadequado da irrigação, uso excessivo de fertilizantes, aplicação de agroquímicos em excesso, entre outros, tem contribuído para a contaminação e consequentemente, diminuição da qualidade das águas em função da poluição de fontes hídricas superficiais e subterrâneas. Conforme Ongley (2001), os principais fenômenos que causa a diminuição dessas águas são o escoamento e a percolação profunda.

O conhecimento sobre a qualidade da água utilizada na agricultura, especificamente sobre a concentração salina, é de fundamental importância para o sucesso de cultivos irrigados, principalmente no semiárido, onde a qualidade das águas torna-se variável, tanto em termos geográficos como também a longo prazo (MEDEIROS, 2003).

Segundo Dias e Blanco (2010), o efeito da salinidade implica às plantas perdas de produtividade e de qualidade, e, em alguns casos, perda total da produção. Isso ocorre devido as plantas não conseguirem retirar água do solo devido à alta pressão osmótica causada pelo excesso de sais no solo, como também pela toxidez de alguns íons específicos, como o cloreto e o sódio, e também a efeitos indiretos, como as altas concentrações de sódio o qual altera as condições físicas do solo e a disponibilidade de alguns elementos. Os efeitos da salinidade nas plantas dependem, entre alguns fatores, da concentração de sais, da composição iônica, granulometria do solo, local e modo de aplicação, da duração à exposição ao estresse como também da interação com outros estresses (PRISCO; GOMES FILHO, 2010).

Mesmo em condições salinas, algumas culturas produzem rendimentos aceitáveis em razão da melhor capacidade de adaptação osmótica, absorvendo, acumulando e utilizando

íons na síntese de compostos orgânicos, aumentando assim, sua capacidade de absorção de água, mesmo em condições de potencias osmóticos muito baixos (AYERS; WESTCOT, 1999).

Algumas formas de se conviver com o a salinidade no semiárido é a utilização sustentável de águas salinas na irrigação por meios visem à diminuição do efeito dos sais no rendimento das culturas. Essas estratégias podem envolver o cultivo de plantas altamente tolerantes, como as halófitas, ou culturas moderamente tolerantes, associadas a estratégias de manejo do sistema solo-água-planta, tais como: mistura e substituição de águas, uso de águas salinas apenas em estádios de maior tolerância da cultura, rotação de culturas e uso de cultivos adensados (LACERDA *et al*., 2010).

Algumas pesquisas foram desenvolvidas para estudar a tolerância do coqueiro a salinidade (REMISON; IREMIREN, 1990; FERREIRA NETO, 2001; MARINHO, 2002; SILVA JUNIOR; PASSOS; GHEYI, 2002), porém, faz-se necessário o estudo de mecanismos de respostas ao estresse salino em coqueiro devido à carência de dados de pesquisa, uma vez que esta espécie é classificada como planta moderadamente tolerante a salinidade (KULKARNI; SARANAMATH; SHANTHAPPA, 1973).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas e morfométricas na produção de mudas de coqueiro Anão irrigado com água salina e as alterações causadas por esta, visando um melhor aproveitamento dos recursos hídricos nas condições semiáridas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do coqueiro no Brasil

2.1.1 Considerações gerais

A origem do coqueiro, embora alguns autores afirmem que ainda não exista um centro específico (CORREIA, 1931; CAMBOIM NETO, 2002), é considerada como sendo da região do Sudoeste Asiático, principalmente das ilhas entre os oceanos Índico e Pacífico. Conforme Siqueira *et al.* (1998), daquela região o coqueiro foi levado para a Índia e desta para o Leste Africano. Outros autores supõem que o coqueiro tenha sua origem no Panamá, México ou na costa do nordeste brasileiro entre os estados do Rio Grande do Norte a Bahia (CHILD, 1974; LORENZI, 1996).

Segundo (1966), a distribuição do coqueiro compreende as regiões entre as latitudes 20° N e 20° S, sendo essencialmente uma planta tropical (PASSOS, 1998b), requerendo, segundo Child (1974), climas quentes para o ótimo crescimento e produção.

A espécie *Cocos nucifera* L. é a única classificada botanicamente do gênero *Cocos*, sendo esta dividida em duas variedades principais: o Gigante e o Anão. Esta última se divide em três subvariedades: Anão Verde, Anão Amarelo e Anão Vermelho. Conforme Siqueira *et al.* (1998), a variedade Gigante é de fecundação cruzada, crescimento rápido, fase vegetativa longa (cerca de sete anos) e pode produzir em condições de sequeiro, cerca de 60 a 80 frutos planta^{-1} ano^{-1}. A variedade Anão apresenta desenvolvimento vegetativo lento, reproduz-se por autofecundação, é mais precoce (três a quatro anos de crescimento vegetativo) e produz cerca de 120 a 150 frutos planta^{-1} ano^{-1}. Em condições de sequeiro, pode produzir cerca de 100 frutos planta^{-1} ano^{-1} (CUENCA, 1997).

2.1.2 Botânica e morfologia do coqueiro

O coqueiro é classificado taxonomicamente como: Classe – *Monocotyledonea*; Ordem – *Arecales*; Família – *Arecaceae*; Subfamília – *Cocoideae*; Gênero – *Cocos* e Espécie – *Cocos nucifera* L.

A raiz do coqueiro é do tipo fasciculada, característica da classe Monocotyledoneae, não possuindo raiz principal. O crescimento radicular se inicia na

germinação e se desenvolve da base do estipe, sendo de caráter contínuo, durante toda a sua vida. As raízes mais grossas (primárias) apresentam pequena capacidade de absorção, restrita, apenas a zona lisa (região meristemática ou de crescimento), situada logo atrás da coifa a qual é responsável pela absorção de água e de substâncias minerais do solo (FRÉDMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975).

O caule do coqueiro é do tipo estipe, não-ramificado, bem desenvolvido e bastante resistente, como p. ex., a ventos e queimadas. No ápice prendem-se as folhas que protegem a única gema terminal. Em virtude da ausência de tecido meristemático (câmbio) não há formação de novos tecidos e o estipe não sofre crescimento em espessura; no entanto, variações ambientais, principalmente disponibilidade de água, induzem a modificações no diâmetro do caule (PASSOS, 1998a).

A folha do coqueiro é do tipo penada, sendo constituída pela bainha, pecíolo que continua pela ráquis, onde se prende o limbo foliar composto de numerosos folíolos. A bainha apresenta natureza peciolar, sólida e consistente, envolvendo parcialmente o caule. O envolvimento total é feito pela indúvia, que é um tecido fibroso e trançado que tem a função de fixação das folhas e dos cachos e protetora do caule. O pecíolo tem função de sustentação da bainha e condução da seiva (CAMBOIM NETO, 2002). Sob condições ambientais favoráveis, as plantas de coqueiro Anão podem emitir até 18 folhas por ano (CHILD, 1974). Os estômatos estão localizados abaxialmente nos folíolos, e são responsáveis pelas trocas gasosas com o ambiente. Em dias nublados, os estômatos dos coqueiros se fecham mais do que em dias ensolarados, sendo uma planta altamente exigente em luz (PASSOS, 1998a).

O coqueiro possui inflorescências paniculadas, axilares, protegidas por brácteas grandes, chamadas espatas. A espata, ao completar seu desenvolvimento (três a quatro meses), abre-se, libertando a inflorescência, formada por pedúnculo, espigas e flores. Cada espiga possui, em sua base, algumas flores femininas e numerosas flores masculinas nos dois terços terminais; o número de flores femininas é fortemente influenciado pelo estado nutricional e hídrico da planta (PASSOS, 1998a). A diferenciação da espata começa três anos antes da sua abertura, enquanto a diferenciação dos primórdios florais inicia um ano antes da abertura da espata (FRÉDMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975).

O fruto do coqueiro é classificado na botânica como uma drupa, sendo formada por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, ficando mais para o interior uma camada mais dura, o endocarpo. A semente, envolvida pelo endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom, o tegumento, que fica entre o endocarpo e o

albúmen sólido. Este último é carnoso, de coloração branca e muito oleosa, formada por uma grande cavidade onde se encontra o albúmen líquido. Próximo a um dos orifícios do endocarpo e envolvido pelo albúmen sólido está o embrião (PASSOS, 1998a).

2.1.3 Ecofisiologia do coqueiro

Quando as condições climáticas são ideais, o crescimento e a produção de coqueiro Anão Verde se dão durante todo o ano (HOLANDA, 2007). Ainda segundo o mesmo autor, em locais onde a evapotranspiração é elevada e a distribuição das chuvas é irregular, ocorrem déficits hídricos sazonais que afetam o desenvolvimento e a produção, condições estas que se assemelham ao nordeste brasileiro.

Conforme Passos (1998b), o desenvolvimento do coqueiro pode ser afetado de diferentes modos pelos fatores climáticos, dependendo da sua localização geográfica. No entanto, segundo o mesmo autor, tais fatores podem ser contornados com adoção de práticas culturais para cada região, considerando-se para tanto: a altitude local, para evitar baixas temperaturas e geadas; uso da irrigação; utilização de variedades adequadas para a região, preços que compensem a baixa produtividade, aplicação de tecnologias etc.

Segundo Child (1974), a temperatura média anual de 27 °C, com oscilações diárias de 5 a 7 °C, é considerada ótima para o crescimento e a produção de coqueiro. Tais condições são encontradas na costa tropical, onde o oceano atua como um estabilizador da temperatura. Temperaturas mínimas inferiores a 15°C modificam a morfologia da planta, causando alterações fisiológicas como interrupção do crescimento e abortamento de flores (FRÉDMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975). Já temperaturas mais elevadas que as consideradas “ótimas” são toleradas, mas, se combinadas com a baixa umidade relativa do ar, tornam-se prejudiciais devido a alta taxa de transpiração foliar agravada pelos ventos quentes e secos, não podendo ser compensada pela absorção de água pelas raízes (PASSOS, 1998b).

Climas quentes e úmidos são favoráveis ao desenvolvimento do coqueiro, quando se verifica a distribuição geográfica dessa cultura. A influência da umidade atmosférica dá-se à medida que os plantios de coqueiro se afastam do mar. Umidades excessivamente altas ou baixas são prejudiciais a esta cultura, onde UR inferior a 60% torna-se prejudicial ao desenvolvimento da planta (OCHS, 1977). Já em condições de umidade elevada, pode haver diminuição da absorção de nutrientes, devido à redução da transpiração, provocando queda

prematura de frutos, como também o favorecimento da propagação de doenças fúngicas (MENON; PANDALAI, 1958).

A distribuição pluviométrica é um dos fatores que mais interferem no desenvolvimento do coqueiro (PASSOS, 1998b). A precipitação média anual ideal para a cultura é de 1500 mm, com pluviosidades mensais acima de 130 mm (FRÉDMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975).

O coqueiro é uma planta altamente exigente em luz (PASSOS,1998b), com desenvolvimento restrito sob condições de baixa luminosidade. A radiação solar tem uma importante influência na transpiração do coqueiro, uma vez que interfere na condutância estomática (PASSOS; SILVA, 1991).

Os ventos também têm devida importância para a cultura do coqueiro. Ventos fracos e moderados favorecem o desenvolvimento da espécie por aumentarem sua transpiração, e, consequentemente, a absorção de água e nutrientes pelas raízes (PASSOS, 1998b). A disseminação do pólen e a fecundação das flores femininas são efetivadas por ação anemófila, com maior importância para a variedade gigante, a qual é alógamo (FRÉDMOND; ZILLER; LAMOTHE, 1975).

2.2 Uso de águas salinas na agricultura

Com o aumento da população mundial e a necessidade cada vez maior de se produzir alimento, a demanda por água vem aumentando cada vez mais na agricultura, requerendo-se quantidades de águas adicionais nos projetos de irrigação. Tanto a quantidade, como a qualidade da água é indispensável na agricultura. Porém, devido às fontes hídricas de água doce ou de boa qualidade estarem sendo esgotadas por causa do uso intensivo, tem-se recorrido a águas de qualidade inferior nos novos projetos de irrigação que necessitam de irrigação adicional (AYERS; WESTCOT, 1999).

Conforme Rhoades *et al*. (2000), um dos principais parâmetros que afetam a produção agrícola é a salinidade da água de irrigação, sendo este um parâmetro considerado de grande importância na avaliação da qualidade da água. Em regiões áridas e semiáridas, é comum se utilizar águas salinas, desde que se utilizem estratégias de manejo que garantam a rentabilidade das culturas, assim como a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas (LACERDA *et al*., 2010).

Conforme Medeiros, Nascimento e Gheyi (2010), a mistura de água com elevada concentração de sais a água de boa qualidade, aumenta a disponibilidade de água, principalmente nas áreas em que as águas apresentam elevados teores de sais, ou se irrigar nas fases iniciais da cultura com água doce e posteriormente utilizar as águas de maior salinidade. Porto Filho (2003) verificou que o uso de água de salinidade crescente utilizada no melão, no terço final do ciclo, não provoca efeitos negativos na cultura.

Segundo Ayers e Westcot (1999), bons rendimentos podem ser observados com a utilização de águas salinas. Marinho *et al*., (2005a), trabalhando com a cultura do coqueiro Anão Verde, observaram que a irrigação com água salina (CEa = 15,0 dS m^{-1}) proporcionou aumento de 9,9% de frutos colhidos em relação ao controle, porém com redução do peso médio dos frutos.

Conforme Medeiros, Nascimento e Gheyi (2010), cerca de 50% do melão produzido no Brasil é irrigado com água salina (1,0 a 4,0 dS m^{-1}) na região da Chapada do Apodi, RN, onde, conforme Ayers e Westcot (1999), valores de condutividade elétrica da água de irrigação acima de 3,0 dS m^{-1} restringe severamente seu uso para muitas culturas agrícolas, verificando-se, portanto, a viabilidade do uso de água salina nesta região.

2.3 Efeito dos sais nas plantas

2.3.1 Considerações gerais

A salinidade afeta o rendimento das culturas por diminuir a disponibilidade de água, devido os sais contidos nesta se acumularem na zona radicular com as irrigações sucessivas (AYERS; WESTCOT, 1999). Os efeitos sobre as plantas podem ser causados, segundo Dias e Blanco (2010), pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos, como diminuição na disponibilidade de microelementos devido à elevados valores de carbonato de sódio no solo, como também, o excesso de sódio trocável neste, que provoca condições físicas desfavoráveis para o crescimento radicular) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A salinidade exerce, portanto, efeitos complexos nas plantas devido às interações entre efeitos tóxicos, osmóticos e nutricionais (MARINHO, 2002). Contudo, em virtude do grande número de efeitos prejudiciais provocados pela salinidade sobre a agricultura, o

aprimoramento de técnicas de manejo do solo, da água ou das culturas que resultem em aumento da tolerância à salinidade é de grande relevância para a manutenção da produtividade agrícola em regiões com problemas de salinidade (OLIVEIRA; GOMES-FILHO; ENÉAS-FILHO, 2010).

2.3.2 Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas

O entendimento de mecanismos de tolerância e susceptibilidade à salinidade é fundamental para o desenvolvimento de cultivares que produzam economicamente sob condições de estresse (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010). Ainda segundo esses mesmos autores, o entendimento destes mecanismos poderá contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas de manejo das culturas, possibilitando aumentar a tolerância das mesmas ao estresse salino.

A salinidade altera, inicialmente, a absorção de água, de nutrientes e a permeabilidade das membranas. Essas alterações refletem no balanço hídrico e nutricional da planta e provocam mudanças no metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas e na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), comprometendo a expansão e divisão celular, crescimento vegetativo e reprodutivo, acarretando na aceleração da senescência das folhas, resultando na morte da planta (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010).

Para sobreviverem ao estresse salino, as plantas utilizam vários mecanismos fisiológicos e bioquímicos. Conforme Parida e Das (2005) tais estratégias incluem a síntese de solutos osmóticos não tóxicos, mudanças na rota fotossintética, alteração na estrutura das membranas, indução de enzimas antioxidantes, controle na absorção e transporte dos íons e sua compartimentalização nas células ou na planta como um todo.

Quando expostas ao estresse salino, as plantas acumulam solutos osmóticos não-tóxicos no citosol, solutos esses de natureza orgânica também chamados de solutos compatíveis. Podem ser açúcares simples (glicose e frutose), compostos de amônio quartenário derivados de aminoácidos (glicina betaína, prolina), etc. Devido ao acúmulo desses solutos no citosol, as plantas conseguem manter o equilíbrio osmótico com os vacúolos quando estes compartimentalizam íons em excesso, garantido assim reações bioquímicas normais nas células.

Uma das respostas imediatas ao estresse salino é a redução na taxa de expansão das folhas (GOMEZ *et al*., 2006), ocorrendo também, reduções nas massas fresca e seca em

toda a planta. Outras alterações que podem ser observadas no desenvolvimento das plantas em condições de estresse salino é o aumento da espessura do mesófilo, devido ao aumento no número e comprimento de células paliçádicas como também no número de camadas paliçádicas e esponjosas (LONGSTRETH; NOBEL, 1979; LONGSTRETH; BOLAÑOS; SMITH, 1984) e decréscimo no volume das células do parênquima paliçádico (WIGHARAJAH; JENNINGS; HANDLEY, 1975). Tais alterações, conforme Watanabe, Tsuchiya e Ogo (1992), podem estar relacionadas ao aumento na resistência à difusão de vapor, afetando a fotossíntese.

Vários autores relataram um aumento da suculência foliar, ou quantidade de água por área foliar, à medida que as plantas foram expostas a níveis crescentes de sais no meio de cultivo (COSTA *et al*., 2003; PARIDA; DAS; MITTRA, 2004). Conforme Ottow *et al*. (2005), tal aumento na suculência foliar ocorre devido ao aumento do número e do volume das células, causando assim uma diluição na concentração foliar de sódio e cloreto, sendo, portanto, considerado uma aclimatação ao ambiente salino (GREENWAY; MUNNS, 1980).

Conforme Niu *et al.* (1995) e Iyengar e Reddy (1996), plantas sob condições salinas restringem o excesso de sais nos vacúlos como também compartimentalizam os íons em diferentes tecidos, facilitando assim suas funções metabólicas. Muitos processos metabólicos podem ser afetados negativamente pelo excesso de Na^+ no citosol. Quando a acumulação de Na^+ é excessiva, manchas necróticas e queima dos ápices podem surgir nas folhas (LACERDA, 1995). A absorção excessiva de Cl^- é outro fator que altera o metabolismo das plantas, p. ex., inibindo a fotossíntese provocada por seu acúmulo nos cloroplastos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Tal elemento é acumulado rapidamente nas folhas mais jovens nos estádios iniciais de crescimento, tornando-se um problema sério para o desenvolvimento foliar (COSTA *et al*.,2003).

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais dominantes em plantas superiores, onde o crescimento destas é o resultado da integração de vários processos fisiológicos, sendo que, quando submetidas a estresses ambientais, a fotossíntese é afetada negativamente, causando também reduções no crescimento das plantas (PARIDA; DAS, 2005). Sob estresse salino, verifica-se também, o fechamento dos estômatos, onde tal mecanismo é importante na manutenção da disponibilidade hídrica, uma vez que a salinidade reduz a água disponível para as plantas (ROBINSON *et al.*, 1997). Outros fatores que afetam diretamente a fotossíntese sob estresse salino podem ser citados, como: redução na

concentração de clorofilas (SEEMANN; CRITCHLEY, 1985) e aumento na resistência mesofílica ao transporte de CO_2.

A produção de assimilados nas folhas, bem como sua translocação para as regiões de crescimento, é regulada pela partição entre biossíntese de amido e a de sacarose (TAIZ; ZEIGER, 2009). Em condições de estresse salino, geralmente, ocorre redução na concentração foliar de amido (CHARTZOULAKIS *et al.*, 2006) bem como de açúcares totais (PARIDA; DAS; MITTRA, 2004).

A influência da salinidade nos conteúdos de alguns solutos orgânicos compatíveis para a manutenção do Ψ_w no citosol como prolina e acúcares foram documentados por Souza (2006), Sousa (2007) e Amorim *et al*., (2010). Praxedes *et al*. (2009), verificaram um aumento na concentração de prolina em duas cultivares de feijoeiro quando irrigadas com águas salina, sendo que a cultivar mais sensível teve maior acúmulo, indicando que este pode ser um mecanismo de proteção do feijão caupi contra o excesso de sais. Amorim *et al*. (2010), verificaram alterações nos teores foliares de prolina em plantas de cajueiro Anão precoce quando submetido ao estresse salino.

Plantas submetidas a diversos tipos de estresses ambientais, p. ex., alta luminosidade, temperaturas extremas, invasão por patógenos, estresses hídrico ou salino apresentam uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs). A exemplo, pode ser citado o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o qual provoca danos oxidativos ao metabolismo. Como mecanismo para se proteger dos efeitos deletérios das EROs, as plantas e os animais desenvolveram mecanismos enzimáticos e não enzimáticos (MITTLER, 2002). O sistema enzimático de defesa das plantas contra o estresse oxidativo inclui as enzimas dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX) e peroxidase do guaiacol (GPX) (PRAXEDES, 2008). Tais enzimas, devido sua importância na proteção das plantas, têm sido motivo de numerosos estudos por se correlacionarem com a tolerância a estresses ambientais com um sistema enzimático mais eficiente.

2.3.3 Tolerância das culturas à salinidade

Conforme Ayers e Westcot (1999), nem todas as culturas respondem igualmente a salinidade, sendo que, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade, enquanto outras só toleram níveis mais baixos. Segundo esses mesmo autores, a tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 e 10 vezes a tolerância de outras.

As plantas podem ser classificadas de tolerantes a sensíveis, baseado no rendimento relativo da cultura em função da salinidade da água e/ ou do solo. O conceito de tolerância relativa é muito útil para se comparar e selecionar culturas (AYERS; WESTCOT, 1999). Conforme esses mesmos autores, é imprescindível a obtenção de avaliações precisas no processo de identificação da tolerância das culturas à salinidade. Utilizando-se de uma conversão, a tolerância aos sais pode ser medida com base em dois parâmetros: na salinidade limiar (SL, em dS m^{-1}), que é o limite de salinidade no extrato de saturação do solo (CEes, em dS m^{-1}) a partir do qual há redução no rendimento das culturas (Y, em %), e no declínio (b, em %) que é a percentagem de redução por incremento unitário de salinidade acima da salinidade limiar. A produção relativa (Y) em determinado ponto pode ser calculada quando a salinidade do solo ultrapassa a salinidade limiar, através da equação:

$$Y = 100 - b\,(CEes - SL), \text{ sendo } CEes > SL \qquad \text{eq. (1)}$$

2.4 Salinidade em coqueiro

Conforme Marinho (2002), o coqueiro pode ser classificado como tolerante a salinidade na fase produção, onde este, irrigado com água de até 10,0 dS m^{-1}, mostrou-se superior quando comparado com resultados preconizados pela Embrapa (1993) na variável número de frutos ha^{-1} ano^{-1}.

Ferreira Neto *et al*., (2007), observaram que a salinidade da água de irrigação aumenta a senescência das folhas, o intervalo entre a emissão foliar e o da inflorescência em coqueiro Anão Verde.

Marinho *et al*. (2005b), relatam que na fase de plântula, o estresse salino começa a afetar a fitomassa total a partir de 5,06 dS m^{-1}. O mesmos autores observaram que plântulas oriundas de germinação sob condições de alta salinidade (20,0 dS m^{-1}), após passarem a ser irrigadas com água de 2,20 dS m^{-1}, se recuperam e passam a crescer no mesmo ritmo daquelas germinadas sem estresse salino.

Marinho *et al*., (2006), verificaram que houve aumento da relação entre número de flores femininas e número de frutos colhidos, em plantas de coqueiro Anão, com o incremento da salinidade da água de irrigação, até o nível de 15,0 dS m^{-1}.

Ferreira Neto *et al*., (2002), verificaram que o aumento na salinidade da água de irrigação elevou o teor de sólidos solúveis (°brix) e a condutividade elétrica da água do coco,

sobretudo quando irrigado com água de CE de 15,0 dS m^{-1}. Segundo os mesmos autores, águas de alta salinidade no cultivo de coqueiro Anão são aceitáveis em condições de textura arenosa do solo e de altas precipitações pluviométricas (acima de 130 mm mensais) resultando em níveis salinos do solo inferiores aos das águas de irrigação

Silva Júnior, Passos e Gheyi (2002), concluíram que o coqueiro, sob irrigação salina, apresenta mecanismos para evitar o estresse hídrico. Estes mecanismos incluem redução da área foliar e fechamento dos estômatos. Caso não seja disponível água de boa qualidade, a aplicação de água salina com concentração aproximada de 15,0 g L^{-1} durante os meses de déficit hídrico, em solo arenoso, pode ser um meio de se evitar perda de plantas durante as fases jovem e adulta.

Contudo, pesquisas sobre as respostas fisiológicas para a cultura do coqueiro Anão ainda são poucas, e devido sua importância para a região semiárida e litorânea do nordeste brasileiro, faz-se necessário estudos que ressaltem estes aspectos assim como o aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis diante da escassez que a região enfrenta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização geográfica e característica da área experimental

O experimento foi conduzido no período entre dezembro de 2012 e abril de 2013, em casa de vegetação do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU (Figura 1), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias – CCA, da Universidade Federal do Ceará – UFC, em Fortaleza, Ceará. As coordenadas geográficas do local são: 3° 44’ 16’’ de latitude Sul, 38° 34’ 22’’ de longitude Oeste e altitude média de 19 metros em relação ao nível do mar.

Figura 1. Localização da área de estudo do experimento no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC. Fortaleza, Ceará. 2013.

Fonte: Google Maps, 2013.

(—) Área territorial do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC;

(—) Localização da casa de vegetação.

A estrutura da casa de vegetação foi construída em aço galvanizado com cobertura em arco tipo túnel e dimensões de 10,0 m de largura por 24,0 m de comprimento, onde as

paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas de sombrite antiafídeas com redução de 50% da luminosidade e rodapé de 0,60 m.A cobertura consistiu de manta de polietileno de baixa densidade (filme agrícola UVA), transparente, com 0,15 mm de espessura e tela de sombrite com redução de 50% da luminosidade e pé direito de 3,50 m (Figura 2).

Figura 2. Detalhe da vista frontal da casa de vegetação no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC onde foi instalado o experimento. Fortaleza, Ceará. 2012.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2012.

3.2 Aquisição de mudas e material vegetal utilizado

As mudas de coqueiro Anão foram adquiridas na Empresa Plantar, localizada no município de Paraipaba, Ceará, cujas coordenadas geográficas são: 3º 26’ 22” S, 39º 08’ 54” O e 26 metros de altitude, distante 82 km da capital Fortaleza (IPECE, 2009). A variedade utilizada foi a Anão Verde. A aquisição das mudas foi realizada após o processo de germinação e emergência, sendo estas com idade aproximada de quatro meses onde as mudas utilizadas no presente estudo apresentavam 2,4 folhas planta^{-1} e altura média de 56,0 cm (Figura 3).

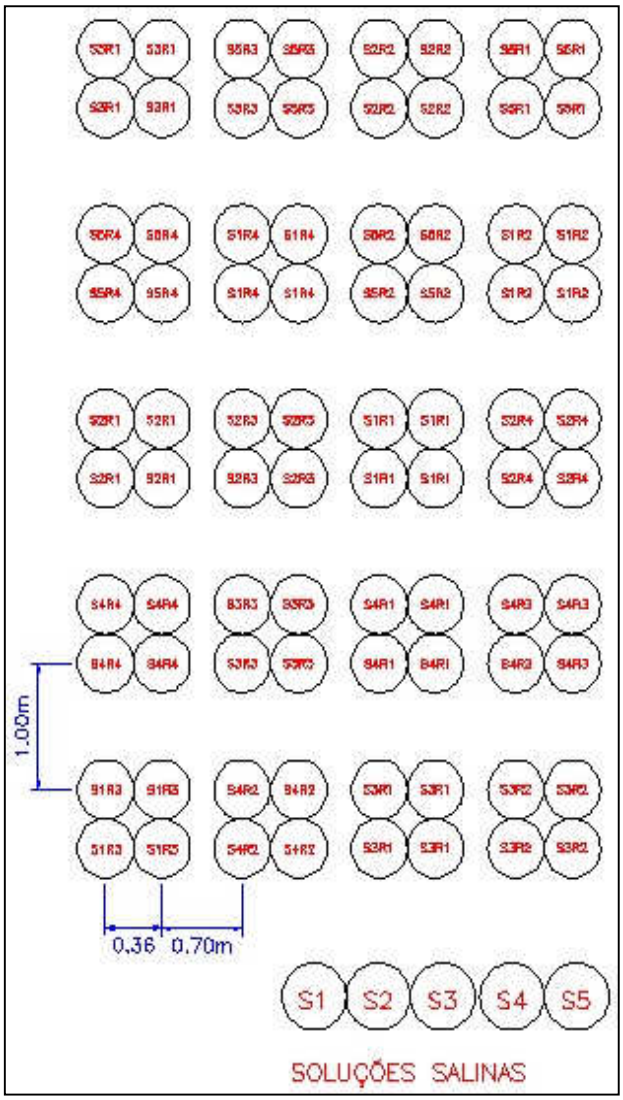
Figura 3. Detalhe das mudas de coqueiro Anão e casualização das parcelas no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC. Fortaleza, Ceará. 2012.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2012.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de cinco níveis de salinidade da água de irrigação, sendo estes expressos pela condutividade elétrica da água (CEa), denominados: S_1=0,9 (tratamento controle); S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}. A condutividade elétrica da água foi aferida por meio de condutivímetro digital portátil (marca EUTECH Instruments, modelo ECTestr high) a cada preparo das soluções salinas para irrigação das mudas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída de quatro mudas, com uma plântula por vaso, totalizando oitenta unidades experimentais. As parcelas foram organizadas conforme croqui abaixo (Figura 3), com os vasos isolados do solo por meio de tijolos.

Figura 4. Croqui da área experimental no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana/CCA/UFC. Fortaleza, Ceará. 2012.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2012.

3.4 Preparo das águas utilizadas para irrigação

As águas utilizadas na irrigação do experimento foram provenientes da adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($CaCl_2.2H_2O$) e cloreto de magnésio ($MgCl_2.6H_2O$) dissolvidos a água de mais baixa condutividade elétrica (CEa=0,9 dS m^{-1}) na proporção 7:2:1 de Na:Ca:Mg respectivamente, semelhante à maioria das águas encontradas na região do cristalino no Nordeste conforme Medeiros (1992), obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração molar dos sais ($mmol_c$ L^{-1} = CEa x 10) extraída de Rhoades *et al.* (2000). As soluções foram armazenadas em tonéis de PVC devidamente fechados com

capacidade para 114 L. A análise química das águas, verificada na Tabela 1, foi realizada no Laboratório da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, localizada no departamento de Ciências do Solo da UFC, campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, utilizando metodologia recomendada por Richards (1954).

Tabela 1. Características físico-químicas das águas utilizadas na irrigação do coqueiro durante o período experimental. Fortaleza, Ceará. 2013.

Características	Soluções Salinas				
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
pH	7,7	7,8	7,9	7,8	7,8
Condutividade elétrica (dS m^{-1})	0,9	5,2	10,1	15,3	19,3
RAS ($mmol_c\ L^{-1})^{0,5}$	1,35	7,01	10,37	11,85	12,71
Cátions ($mmol_c\ L^{-1}$)					
Cálcio	2,4	10,9	21,6	44,2	65,3
Magnésio	3,9	11,6	23,9	29,6	33,9
Sódio	2,9	23,5	49,5	72,0	89,5
Potássio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ânions ($mmol_c\ L^{-1}$)					
Cloretos	8,0	45,8	93,2	149,6	189,2
Carbonatos	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Bicarbonatos	1,7	1,5	2,1	2,3	2,1
Sulfato	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente

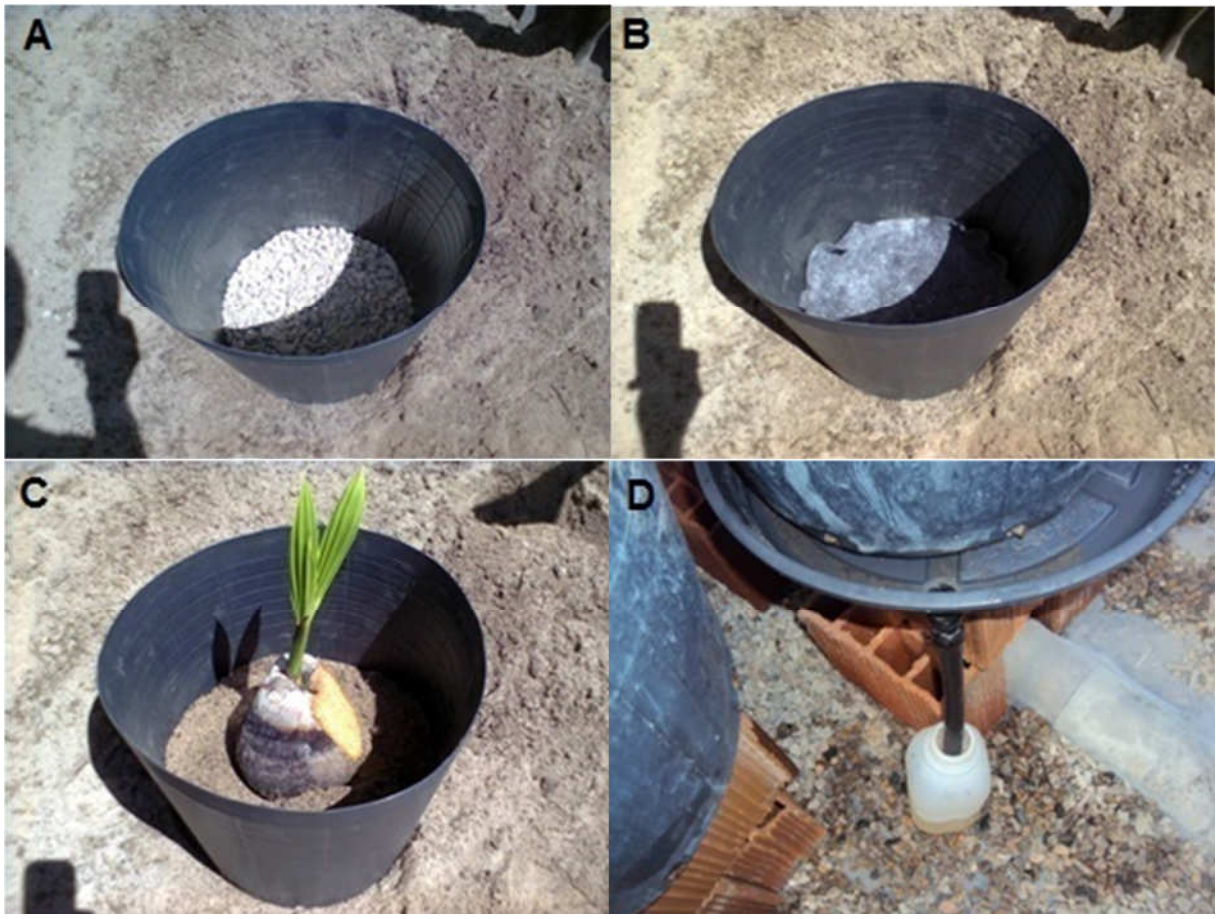
Fonte: Laboratório de Solos (UFC/FUNCEME), 2013.

3.5 Material utilizado para o acondicionamento das mudas

As mudas adquiridas passaram pelo processo de chanfragem (entalhamento) (Figura 5), onde se retirou uma pequena parte da casca da semente do coco de maior protuberância, para que houvesse uma maior hidratação. Após o entalhamento, as mudas foram acondicionadas na posição vertical conforme recomendação de Wuidart e Lamothe (1981) em vasos de material flexível com capacidade para 25 L, perfurados ao fundo. Os vasos foram preenchidos com uma camada de 3 cm de brita Nº 1 envelopada em sua superfície com manta drenante do tipo geotêxtil Bidim (OP-20) para facilitar a drenagem da água nos mesmos. Em pelo menos um dos vasos e abaixo deles, para cada parcela, foi adaptada uma bandeja em pequeno declive, para conduzir a água drenada (lixiviado) a um

orifício em sua extremidade, sendo estas conectadas a recipientes plásticos e então estocadas para coleta e análise periódica do material drenado.

Figura 5. Detalhes do preenchimento dos vasos com brita Nº 1 (A), manta de bidim OP-20 (B), entalhamento da muda e preenchimento parcial com solo (arisco + composto orgânico) (C) e bandeja com orifício para drenagem do lixiviado e recipiente coletor (D), Fortaleza, Ceará. 2012.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2012.

Os vasos foram preenchidos com arisco, misturado a composto orgânico na proporção de 2:1 (volume de arisco: volume de composto orgânico), respectivamente, sendo este homogeneizado e em seguida, tamisado em peneira de 6 mm, onde as características físico-químicas deste podem ser verificadas na Tabela 2. As mudas foram cobertas até aproximadamente 2/3 da altura da semente deixando-se um espaço de aproximadamente 4 cm entre a superfície do substrato e a borda dos vasos, para que não houvesse, por ocasião da irrigação, problemas com transbordamento nos mesmos.

Tabela 2. Análise físico-química do solo (arisco + composto orgânico) utilizado no experimento. Fortaleza, Ceará. 2013.

Características Físicas		Características Químicas	
Areia Grossa (g kg^{-1})	517	Ca^{2+} ($cmol_c$ kg^{-1})	5,70
Areia Fina (g kg^{-1})	312	Mg^{2+} ($cmol_c$ kg^{-1})	4,60
Silte (g kg^{-1})	108	Na^{+} ($cmol_c$ kg^{-1})	0,71
Argila (g kg^{-1})	63	K^{+} ($cmol_c$ kg^{-1})	4,60
Argila Natural (g kg^{-1})	30	$H^{+}+Al^{3+}$ ($cmol_c$ kg^{-1})	1,98
Classificação Textural	areia franca	Al^{3+} ($cmol_c$ kg^{-1})	0,75
GF (g $100g^{-1}$)[1]	52	S ($cmol_c$ kg^{-1})	15,6
Densidade (g cm^{-3})		T ($cmol_c$ kg^{-1})	17,6
D_s [2]	1,31	V (%)[7]	89
D_p [3]	2,48	m (%)[8]	5
Umidade (g $100g^{-1}$)		PST (%)[9]	4
0,0033MPa[4]	9,15	C (g kg^{-1})	16,00
1,5MPa[5]	7,22	N (g kg^{-1})	1,67
ÁU[6]	1,93	C/N	10
pH (água)	6,8	M O (g kg^{-1})	27,50
CE (dS m^{-1})	4,10	P assimilável (mg kg^{-1})	355

Fonte: Laboratório de Solos (UFC/FUNCEME), 2013.

[1]Grau de floculação; [2]desnsidade global; [3]densidade de partículas; [4]umidade na capacidade de campo; [5]umidade no ponto de murcha permanente; [6]água útil; [7]saturação por bases; [8]saturação pro alumínio; [9]porcentagem de sódio trocável.

3.6 Irrigação e tratos culturais

As irrigações foram realizadas manualmente, iniciando-se em dezembro de 2012 até 120 dias após o início dos tratamentos (DAIT), com as respectivas águas de cada tratamento aplicadas no final da tarde, sendo a lâmina equivalente adotada de 7 mm m^{-2} dia^{-1}, de acordo com as recomendações em sistema alternativo de produção de mudas de coqueiro (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002) onde estas foram diferenciadas à medida que as mudas iam crescendo, mantendo-se uma fração de lixiviação (FL) constante ao longo do experimento. Foi adotada a cada evento da irrigação, uma FL=0,20, com a finalidade de verificação e controle da salinidade nos vasos para todos os tratamentos, tendo como base, a relação (CE_L=3,0 CEa) extraída de Ayers e Westcot (1999). O controle das ervas daninhas foi manual, à medida que, estas surgiam nos vasos.

As plantas foram adubadas, de acordo com recomendações de Fontes *et al.* (1997), 30 dias após o plantio das mudas nos vasos, sendo aplicadas em cobertura, até o 4º mês, parcelas mensais de 10 g de superfosfato simples, 3,3 g de uréia e 1,6 g de cloreto de potássio por planta.

3.7 Variáveis analisadas

3.7.1 Variáveis morfológicas

3.7.1.1 Crescimento

Medidas de crescimento foram tomadas aos 0, 40, 80 e 120 dias após o início dos tratamentos com águas salinas (DAIT), e constituiu-se das seguintes variáveis: comprimento da muda (H), sendo considerado para esta, a distância do coleto até a extremidade da maior folha esticada verticalmente, aferida por meio de trena graduada; diâmetro do coleto (DC), obtido pelas medições do maior e menor diâmetro, aferido por meio de paquímetro digital; número de folhas (NF), obtidas pela contagem manual a partir da folha nº 1 a partir do ápice (folha que antecede a emissão da folha mais nova). As taxas de crescimento absoluto em altura (TCA-H, cm dia^{-1}) e em diâmetro à altura do coleto (TCA-DC, mm dia^{-1}) foram obtidas pela equação 2:

$$TCA = (P_2 - P_1)/(T_2 - T_1) \qquad \text{eq. (2)}$$

onde P representa a variação de crescimento da planta e T, o intervalo de tempo sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação; e as taxas de crescimento relativo em altura (TCR-H, cm cm^{-1} dia^{-1}) e em diâmetro à altura do coleto (TCR-DC, mm mm^{-1} dia^{-1}) calculados pela equação 3 conforme Cairo *et al*. (2008):

$$TCR = (LnP_2 - LnP_1)/(T_2 - T_1) \qquad \text{eq. (3)}$$

onde Ln, corresponde ao logaritmo neperiano.

Ao final do experimento, 120 dias após o início dos tratamentos (DAIT), foram sacrificadas duas plantas por repetição de cada tratamento para a obtenção da matéria seca da

raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), a total (MST), sendo esta obtida pela soma de MSR+MSPA, e a área foliar (AF). Para a obtenção da matéria seca, os órgãos vegetais foram colocados em estufa de circulação de ar forçado à 65°C (±1) até obtenção de massa constante, sendo então pesados em balança digital com precisão de 0,0001g. Para obtenção da área foliar, foi utilizado um integrador de área (LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA) pertencente ao Laboratório de Fisiologia Vegetal – LABFIVE, do Departamento de Biologia e Bioquímica Molecular – DBBM da UFC.

3.7.1.2 Relações morfométricas

Com os dados de área foliar e matéria seca obtidos, foi calculado a área foliar específica (AFE, $cm^2\ g^{-1}$), obtida pela equação 4:

$$AFE = AF/MSPA \qquad \text{eq. (4)}$$

e a suculência foliar (SF, g H_2O dm^{-2}) segundo Mantovani (1999) obtida pela equação 5:

$$SF = (MFFo - MSFo)/AF \qquad \text{eq. (5)}$$

As variáveis morfométricas razão de área foliar (RAF, $cm^2\ g^{-1}$) e a razão de peso foliar (RPF, g g^{-1}) foram calculadas conforme Cairo *et al*. (2008), obtidas mediante as equações 6 e 7 respectivamente:

$$RAF = AF/MST \qquad \text{eq. (6)}$$

$$RPF = MSPA/MST \qquad \text{eq. (7)}$$

Para a variável PRF, que correlaciona a massa seca das folhas com a massa seca total, foi considerado a MSPA pelo fato em que a idade em que as mudas se encontravam, as folhas representavam a parte aérea por não haver a formação de estipe.

3.7.2 Variáveis fisiológicas

3.7.2.1 Trocas gasosas

As avaliações de condutância estomática (*gs*, mol m^{-2} s^{-1}), fotossíntese líquida (*A*, μmol m^{-2} s^{-1}),transpiração foliar (*E*, mmol m^{-2} s^{-1}), razão entre concentração interna e ambiente de CO_2(C_i/C_a) foram realizadas aos 0, 40, 80 e 120 DAIT por meio de um analisador de gás no infra-vermelho (IRGA, marca LI-COR, modelo LI-6400 XT)entre as 8:00 e às 9:00 h da manhã, onde foi escolhida como padrão a folha nº 2 para a realização das avaliações.As leituras foram realizadas utilizando-se uma fonte de radiação artificial com radiação fotossinteticamente ativa de 1500 μmol m^{-2} s^{-1}, com temperatura e concentração de CO_2 ambientes. Com os dados de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração foliar, foram estimadas a eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA =A/gs*) e a eficiência momentânea no uso de água (*EmUA = A/E*).

3.7.2.2 Índice relativo de clorofila e clorofilas a, b e total

Foram determinados, por ocasião das análises fisiológicas, e através de método não destrutivo, o conteúdo de clorofila, estimado pelo índice SPAD utilizando-se medidor portátil de clorofila (SPAD, modelo 502, marca MINOLTA, Osaka, Japão) e ao final do experimento, 120 DAIT, foram determinados as concentrações de clorofilas *a*, *b* e *total* em laboratório, onde utilizou-se como padrão a folha nº 2. Estas folhas foram colocadas em papel alumínio devidamente identificado, conservadas sob a adição de nitrogênio líquido (N_2) e levadas imediatamente ao laboratório para as análises. Foram utilizados dois folíolos do terço médio foliar de cada repetição, onde foram retirados dez discos foliares com 1,0 cm de diâmetro, os quais foram macerados em almofariz com 5 mL de acetona a 80% (v/v). Em seguida, o homogenato foi centrifugado a 3000 x *g* por 10 minutos e o sobrenadante submetido à leituras de absorbância em 663 (A_{663}) e 645 (A_{645}) nm. As concentrações de clorofila *a*, *b* e *total* em mg $planta^{-1}$, foram estimadas por meio das seguintes fórmulas, baseadas nos coeficientes de absorção específicos descritos por Arnon (1949):

$$clf(a) = 12{,}7A_{663} - 2{,}69A_{645} \qquad \text{eq. (8)}$$

$$clf(b) = 22{,}9A_{645} - 4{,}68A_{663} \qquad \text{eq. (9)}$$

clf (*total*) = $20,2A_{645} + 8,02A_{663}$ eq. (10)

3.7.2.3 Fluorescência da clorofila

A eficiência do aparelho fotossintético foi verificada pela fluorescência da clorofila *in vivo* na superfície superior de folíolos localizados no terço médio das folhas, utilizando-se um fluorímetro portátil (PEA, marca HANDSATECH, Lynn King, Reino Unido). Para o monitoramento da emissão de fluorescência, foi aplicado um pulso de intensidade luminosa de 1500 µmol m^{-2} s^{-1}, com pico de emissão a 650 nm, por 5 s. Para a estimativa da eficiência fotoquímica potencial (Fv/Fm), utilizou-se os dados da fluorescência variável (Fv) e da fluorescência máxima (Fm), sendo escolhida a folha nº 2 como padrão, onde esta foi adaptada ao escuro com *leafclip* por no mínimo 30 minutos antes do início das leituras conforme Durães *et al*. (2000).

3.7.2.4 Potencial hídrico foliar

Ao final do experimento, 120 DAIT, foi avaliado o potencial hídrico foliar (Ψ_{hf}), sendo este determinado no "predawn", utilizando-se câmara de pressão (modelo 3035, marca Soil Moisture Equipment Corp., Santa Bárbara, Ca, USA) semelhante à idealizada por Scholander *et al*. (1965). Para a determinação do potencial hídrico foliar, foi retirado um folíolo do terço médio da folha nº 2 de cada plântula por repetição.

3.7.3 Variáveis bioquímicas

3.7.3.1 Solutos inorgânicos

As amostras dos órgãos vegetais, parte aérea e raízes coletadas, foram previamente secas em estufas de circulação de ar forcado à 65°C (±1) até a obtenção de massa constante e finamente trituradas em moinho tipo Willey (modelo MA 340, Marconi, BR). A extração do elemento K^+ foi realizada por meio de digestão sulfúrica e a extração de Na^+ pelo método da extração com ácido clorídrico a 1M. A extração do cloreto foi realizada em meio a solução de nitrato de cálcio a 0,085M. Os elementos Na^+ e K^+ foram determinados por fotometria de chama conforme Malavolta *et al.* (1997) e o Cl^- determinado pelo método de

Mohr, adaptado por Malavolta *et al.* (1997), sendo os valores obtidos em g kg^{-1}. O conteúdo dos solutos inorgânicos foi obtido mediante o produto da massa seca (MS) das amostras (parte aérea e raízes) pela concentração destes (em g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos.

3.7.3.2 Solutos orgânicos

Os extratos para determinação dos solutos orgânicos foram obtidos pela homogeneização de 100 mg do pó liofilizado de folíolos e raízes do coqueiro com 5,0 mL de água deionizada. O homogenato foi colocado em banho-maria a 45° C durante uma hora, com agitações a cada 15 min. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 5000 x *g* por 15 min a temperatura ambiente (25° C), sendo então filtradas em papel filtro e armazenadas a -25 ºC.

Os teores de prolina foram determinados de acordo com o método de Bates, Waldren e Teare (1973). Em tubos de ensaio contendo 1,0 mL do extrato diluído, foram adicionados 1,0 mL de ninhidrina ácida (1,25 g de ninhidrina em 30,0 mL de ácido acético e 20,0 mL de ácido fosfórico a 6 M) e 1,0 mL de ácido acético glacial. A reação procedeu-se em tubos de ensaio fechados em banho-maria a 100 ºC por uma hora. Após esse período, a reação foi parada por meio de imersão dos tubos de ensaio em banho de gelo. A extração do cromóforo foi realizada pela adição de 2,0 mL à mistura da reação, seguida de agitação. Após a formação da camada bifásica, foi aspirada a fase superior (cromóforo + tolueno) com auxílio de pipeta tipo pasteur. Os teores de prolina foram estimados por meio de medidas de absorbância em 520 nm mediante curva padrão de prolina. Os extratos de cada repetição foram dosados em duplicata, sendo os resultados expressos em µmol g^{-1} MS.

A determinação dos carboidratos solúveis foi realizada de acordo com o método de Dubois *et al.* (1956). Em tubos de ensaio, foram adicionados 0,5 mL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico às alíquotas dos extratos diluídos. Após agitação, os tubos de ensaio foram deixados à temperatura ambiente por 15 min para resfriamento. Em seguida, as amostras foram submetidas à leitura de absorbância em 490 nm. Os teores de carboidratos solúveis foram estimados por meio de uma curva padrão de glicose D(+) anidra. Os extratos de cada repetição foram dosados em duplicata, sendo os resultados expressos em µmol g^{-1} MS.

Para a determinação dos N-aminossolúveis, utilizou-se o método descrito por Yemm e Cocking (1955). Em tubos de ensaio, foram adicionados 0,5 mL dos extratos convenientemente diluídos, 0,25 mL de tampão citrato a 0,2 M (pH 5,0), 0,5 mL de KCN a

0,2 mM em metilcelosolve e 0,1 mL de ninhidrina a 5% em metilcelosolve. Em seguida, os tubos de ensaio foram fechados, agitados e colocados em banho-maria à 100 ºC por 20 min. A reação foi interrompida abruptamente colocando-se os tubos de ensaio em banho de gelo e, após o resfriamento, foram adicionados 0,65 mL de etanol a 60%. Os teores de N-aminossolúveis foram estimados por meio de leituras de absorbância em 570 nm, tendo como referência uma curva padrão de glicina. Os extratos de cada repetição foram dosados em duplicata, sendo os resultados expressos em $\mu mol\ g^{-1}$ MS.

3.7.4 Variáveis do substrato

3.7.4.1 Condutividade elétrica e pH

A condutividade elétrica do substrato foi estimada a partir da $CE_{1:1}$ da solução diluída medida no sobrenadante da mistura de uma parte de substrato para uma parte de água destilada. A medição do pH deu-se por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água) na proporção 1:1.

3.7.4.2 Bases trocáveis

A extração de cálcio (Ca^{2+}) foi realizada por meio da adição de KCl 1M sendo sua determinação por complexiometria em presença de indicador negro de eriocromo e murexida. A determinação do magnésio (Mg^{2+}) deu-se por diferença entre os valores de Ca^{2+} + Mg^{2+} e Ca^{2+} trocável. O sódio (Na^{+}) e o potássio (K^{+}) foram extraídos em meio a solução diluída de ácido clorídico 0,05 M e determinado por espectrofotometria de chama.

3.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância a 1 e 5% de probabilidade por meio do software SISVAR versão 5.1 (FERREIRA, 2011). O efeito da irrigação com águas salinas sobre as variáveis morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e do substrato foram submetidas à análise de regressão, onde, matematicamente, foram ajustados a modelos polinomiais de maior grau de significância, e, quando pelo menos dois modelos foram estatisticamente iguais, o critério de seleção para o polinômio adotado seguiu a

recomendação de Pimentel-Gomes (2009), onde utilizou-se o modelo de propriedades matemáticas que mais refletiu o fenômeno biológico estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

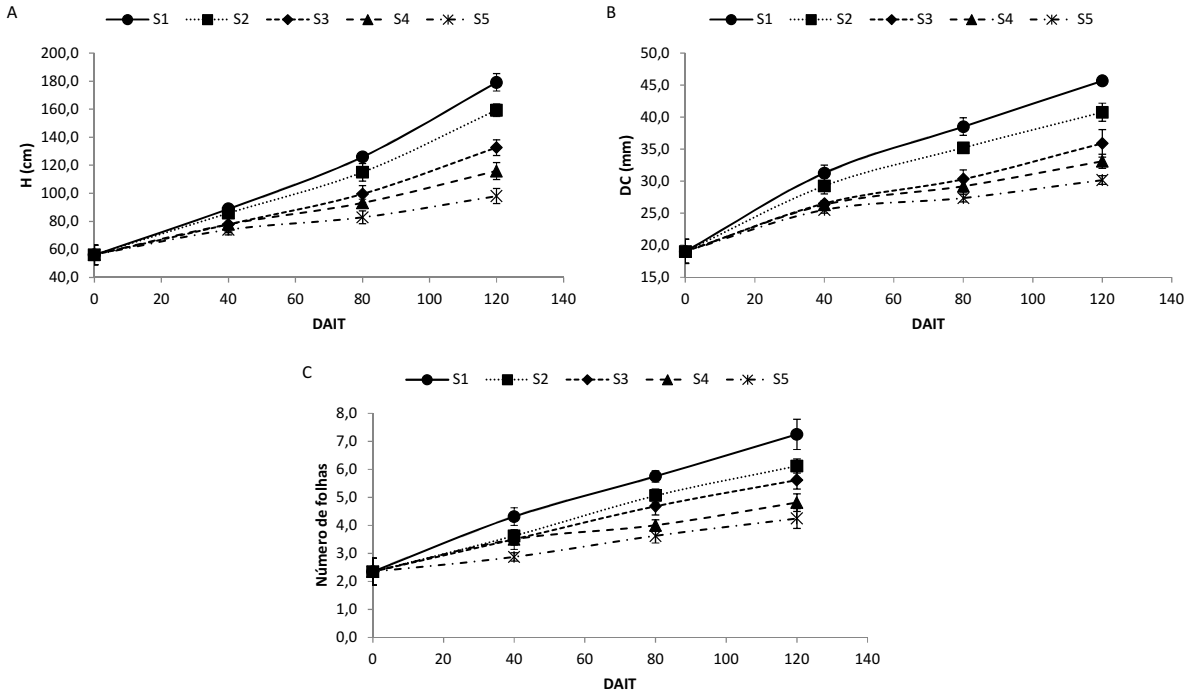
4.1 Varáveis analisadas

4.1.1 Variáveis morfológicas

4.1.1.1 Crescimento

O aumento da salinidade ocasionou decréscimos no crescimento em altura, diâmetro do coleto e no número de folhas das mudas de coqueiro Anão. O tratamento S_1 (CEa = 0,9 dS m^{-1}) mostrou-se superior em todas as épocas avaliadas. O aumento da salinidade provocou retardamento na emissão de novas folhas, com o tratamento S_5 (CEa = 20,0 dS m^{-1}) causando menor número de folhas aos 120 DAIT (Figura 5C).

Figura 6. Evolução do crescimento em altura (A), diâmetro do coleto (B) e número de folhas (C) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde, em função da salinidade da água de irrigação (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}) durante o período experimental. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

Obs.: Barras verticais indicam o desvio padrão.

A análise de variância revelou efeito significativo na variável altura das mudas (H) com o aumento da salinidade da água de irrigação nas três épocas avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância e da regressão para altura (H) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40, 80 e 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

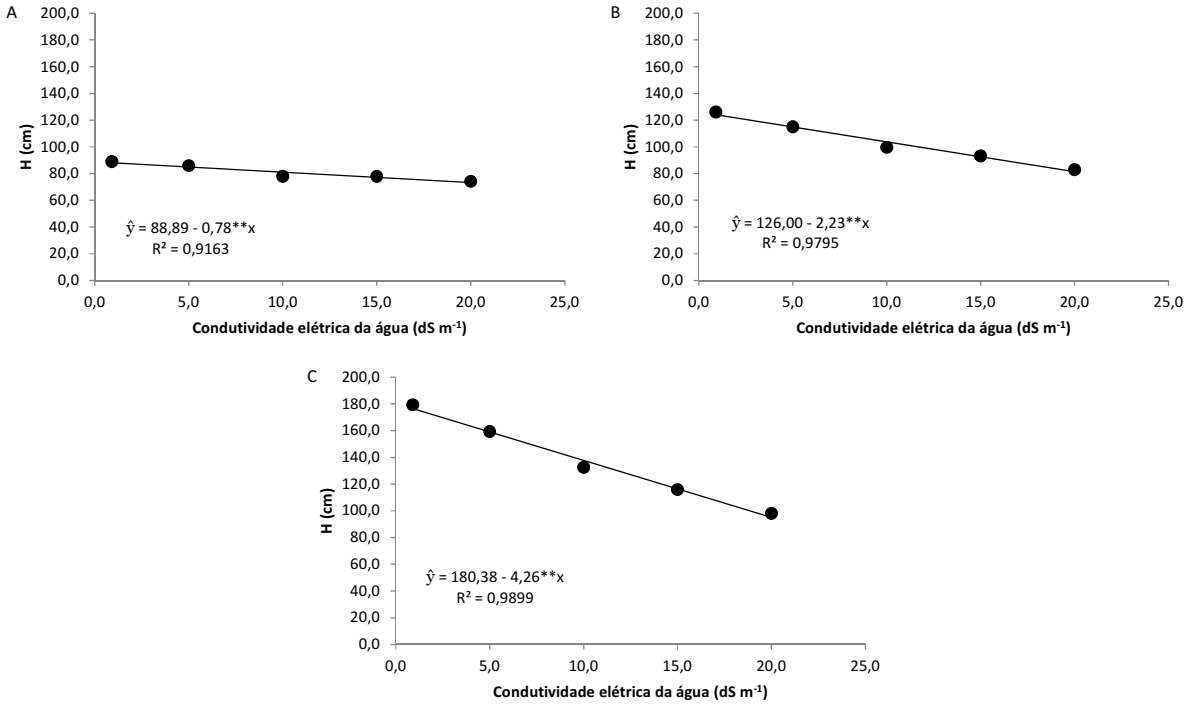
FV	GL	Quadrado Médio		
		40	80	120
Salinidade	4	154,64**	1186,06**	4262,35**
Reg. Linear	1	566,77**	4647,18**	16876,66**
Reg. Quadrática	1	18,62^{ns}	61,87^{ns}	141,87*
Reg. Cúbica	1	0,12^{ns}	3,29^{ns}	0.0006^{ns}
Desv. Regressão	1	33,05^{ns}	31,89^{ns}	30,89^{ns}
Resíduo	15	17,08	21,12	31,19
CV (%)		5,11	4,45	4,08
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias (cm)		
0,9		88,94	126,00	179,25
5,0		85,94	115,00	159,31
10,0		77,87	99,50	132,56
15,0		77,94	93,19	115,94
20,0		74,02	82,87	98,06

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Pela análise de regressão, foi observada resposta linear decrescente para o efeito da salinidade na variável altura das mudas (H). Na Figura 6, os coeficientes angulares das equações obtidas, indica o efeito mais pronunciado da salinidade ao longo da evolução das irrigações, onde, aos 120 DAIT (Figura 6C) constataram-se reduções relativas de 46,09% entre S_5 e S_1, 34,02%, entre S_4 e S_1, 21,96% entre S_3 e S_1 e 9,90% entre S_2 e S_1 de acordo com a equação de regressão.

Figura 7. Altura (H) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

No Brasil, o padrão de comercialização de mudas de coqueiro de boa qualidade é quando esta atinge a idade entre 5 a 7 meses, apresentando-se bem ereta e 50 a 70 cm de altura (EMBRAPA, 2005). Nas condições deste experimento, a altura das mudas do tratamento controle (S_1) foi praticamente o dobro do padrão comercial preconizado pela Embrapa (2005). O cultivo das mudas em casa de vegetação com redução de 50% da luminosidade pode ter contribuído para o estiolamento destas, fazendo com que aos 120 DAIT (~8 meses de idade), apresentasse valores superiores ao padrão de comercialização. Contudo, o tratamento S_5 apresentou valores superiores quando comparado ao padrão.

Para as taxas de crescimento absoluto (TCA-H) e relativo (TCR-H) em altura, verificaram-se efeito significativo da salinidade nas três épocas avaliadas (Tabela 4). Observou-se, ainda, resposta linear decrescente com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e da regressão para as taxas de crescimento absoluto (TCA-H) e relativo (TCR-H) em altura (H) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde entre 0-40, 40-80 e 80-120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		TCA-H			TCR-H		
		0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Salinidade	4	0,11**	0,32**	0,49**	0,00002**	0,00002**	0,00001**
Reg. Linear	1	0,41**	1,29**	1,97**	0,00006**	0,00009**	0,00005**
Reg. Quadrática	1	$0,01^{ns}$	$0,008^{ns}$	$0,008^{ns}$	$0,000002^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$
Reg. Cúbica	1	$0,00007^{ns}$	$0,001^{ns}$	$0,001^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$
Desv. Regressão	1	$0,02^{ns}$	$0,0008^{ns}$	$0,00001^{ns}$	$0,000004^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$
Resíduo	15	0,01	0,008	0,01	0,000002	$9,83e^{-7}$	$6,85e^{-7}$
CV (%)		16,74	15,80	14,22	14,54	16,40	13,47
Condutividade elétrica		Médias					
(dS m^{-1})		----------cm dia^{-1}----------			--------cm $cm^{-1}dia^{-1}$--------		
0,9		0,89	0,95	1,21	0,012	0,009	0,008
5,0		0,81	0,74	1,01	0,011	0,007	0,007
10,0		0,59	0,58	0,75	0,009	0,006	0,006
15,0		0,59	0,39	0,52	0,009	0,004	0,005
20,0		0,48	0,23	0,34	0,007	0,003	0,004

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

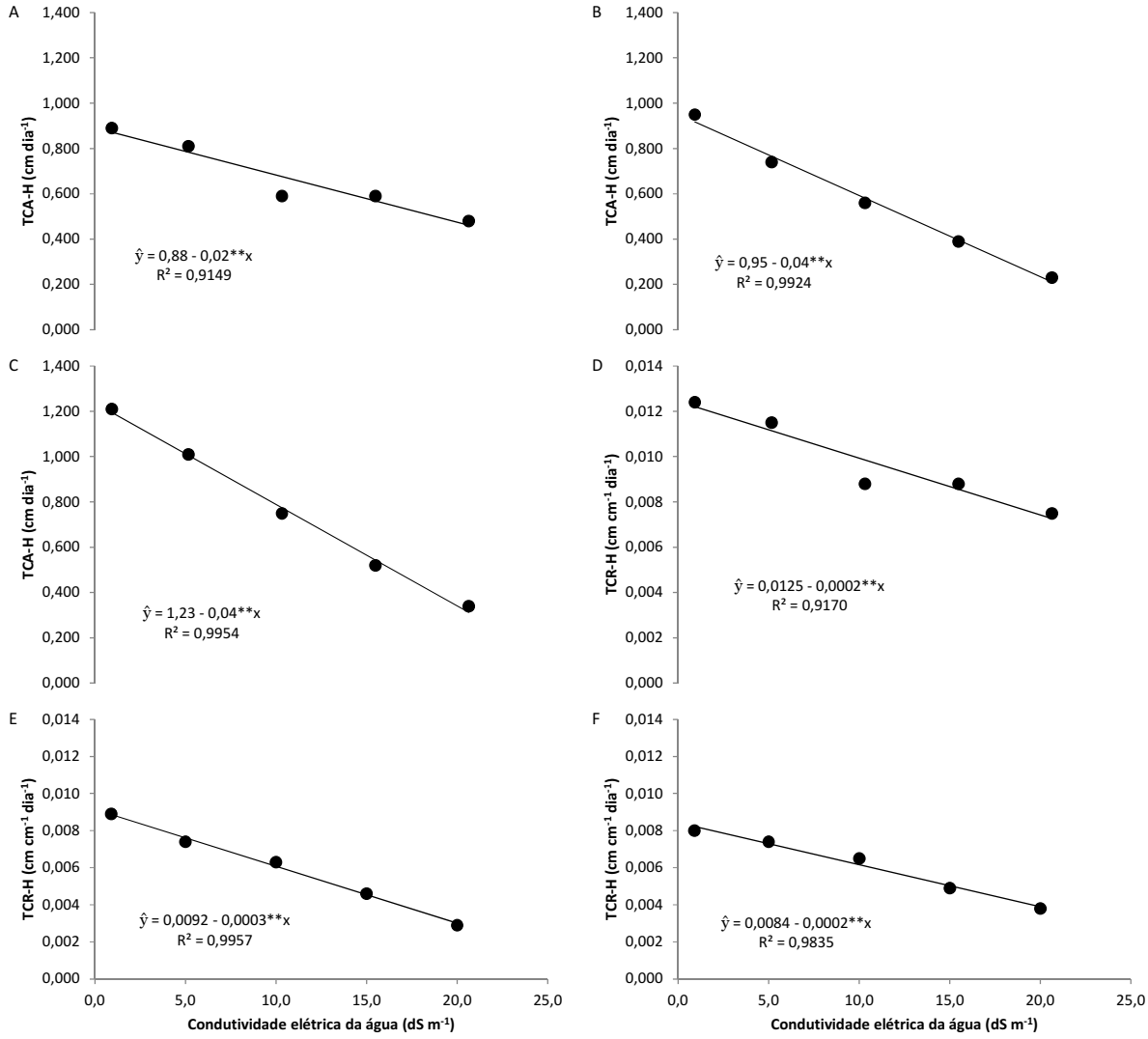
Para TCA-H, houve um aumento no decréscimo relativo por incremento unitário de salinidade em relação ao tratamento controle até os primeiros 80 DAIT, onde esses percentuais foram da ordem de 2,32, 4,37% (nos intervalos entre 0-40 e 40-80 DIAT) (Figuras 7A e 7B, respectivamente), porém, entre 80-120 DAIT, houve redução no decréscimo relativo por incremento unitário da condutividade elétrica, onde este correspondeu a 3,35% (Figura 7C).

Em relação à TCR-H, verifica-se que os percentuais de redução por incremento unitário de condutividade elétrica foram da ordem de 1,62, 3,35 e 2,43% entre 0-40, 40-80 e 80-120 DAIT respectivamente, evidenciando aumento até os primeiros 80 DAIT e reduzindo ao último intervalo de tempo estudado.

Esses resultados acima corroboram com os encontrados por Marinho (2002), que trabalhando com mudas de coqueiro cv. Anão Verde verificou redução nas taxas de

crescimento em função da irrigação com água salinas. No período entre 90-120 DAP, este autor relatou uma redução do decréscimo percentual em relação ao controle comparado aos valores observados até os 90 DAP. Conforme este mesmo autor, tal fato pode ser justificado em parte, pela redução nos níveis de reservas de nutrientes contidas nas sementes e ao limitado espaço físico existente nos recipientes (vasos plásticos) que, ao final do experimento, restringiam o crescimento das raízes das plantas.

Figura 8. Taxas de crescimento absoluto (TCA-H) entre 0-40 (A), 40-80 (B) e 80-120 (C) e taxas de crescimento relativo (TCR-H) entre 0-40 (D), 40-80 (E) e 80-120 (F) DAIT da altura (H) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde em função salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente (^{ns}) não significativo.

De acordo com as equações de regressão obtidas, aos 120 DAIT, houveram reduções relativas de 63,99% entre S_5 e S_1,47,24%, entre S_4 e S_1, 30,49% entre S_3 e S_1 e 13,74% entre S_2 e S_1 para as TCA-H (Figura 7C) e de 46,47% entre S_5 e S_1, 43,31%, entre S_4 e S_1, 22,14% entre S_3 e S_1 e 9,98% entre S_2 e S_1 para as TCR-H (Figura 7F).

Com relação ao diâmetro do coleto (DC), verificou-se, pela análise de variância, efeito significativo da salinidade da água de irrigação nos três períodos de avaliação estudados (Tabela 5). Também houve resposta linear decrescente para o efeito da salinidade nesta variável. Houve, com a evolução da idade das mudas, que o efeito da salinidade se intensificou, onde, as reduções relativas com o incremento unitário de salinidade comparado a testemunha (S_1) corresponderam a 0,95, 1,54 e 1,77% aos 40, 80 e 120 DAIT, evidenciando que as taxas com que a salinidade afeta o crescimento em diâmetro aumentam com o tempo exposição das mudas à salinidadae. Marinho (2002), encontrou valores da ordem de 1,23, 1,80 e 1,94%, aos 60, 90 e 120 DAP quanto as reduções relativas com o incremento unitário de CEa para o DC.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e da regressão para diâmetro do coleto (DC) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40, 80 e 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

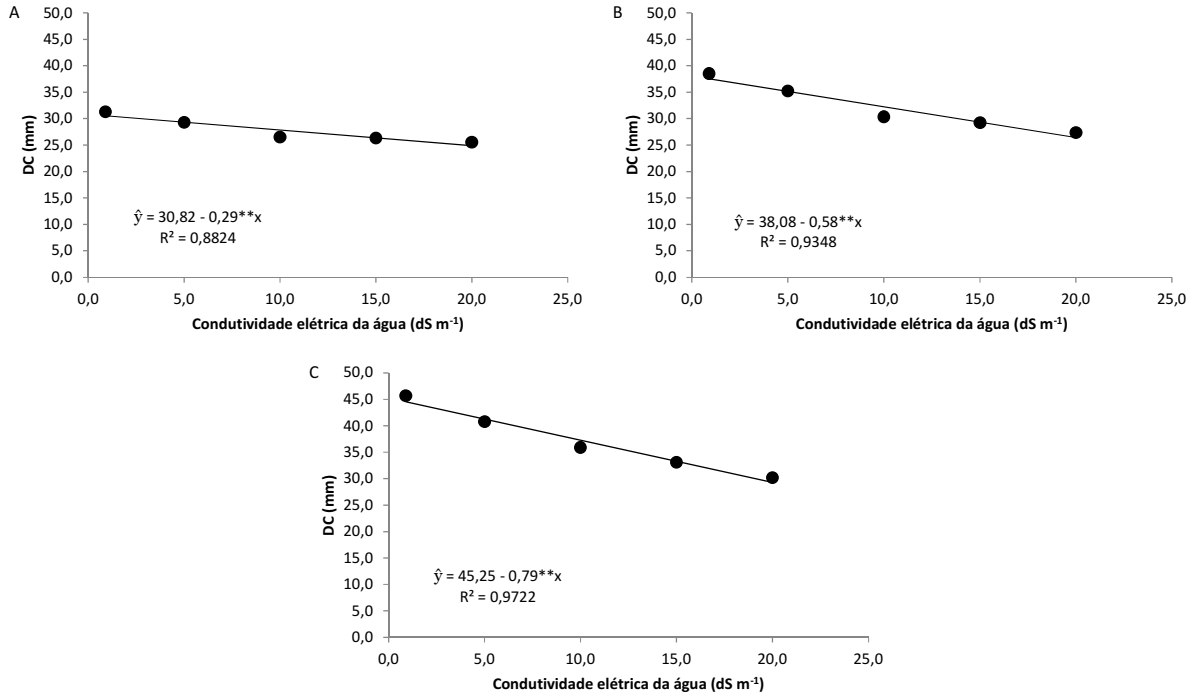
FV	GL	Quadrado Médio		
		40	80	120
Salinidade	4	23,31**	84,79**	152,29**
Reg. Linear	1	82,29**	317,06**	592,22**
Reg. Quadrática	1	8,96**	17,58**	15,69**
Reg. Cúbica	1	0,13^{ns}	0,04^{ns}	0,78^{ns}
Desv. Regress.	1	1,87^{ns}	4,47^{ns}	0,48^{ns}
Resíduo	15	0,75	1,13	1,75
CV (%)		3,13	3,31	3,56
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias (mm)		
0,9		31,30	38,53	45,68
5,0		29,27	35,22	40,78
10,0		26,53	30,34	35,91
15,0		26,33	29,22	33,12
20,0		25,54	27,37	30,18

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Aos 120 DAIT, verificou-se, pelas equações de regressão obtidas (Figura 8C), redução relativa de 33,88% entre S_5 e S_1, 25,01%, entre S_4 e S_1, 16,14% entre S_3 e S_1 e 7,27% entre S_2 e S_1. Tais valores de reduções percentuais corroboram com os resultados encontrados por Costa *et al*. (1986) e Marinho (2002).

Figura 9. Diâmetro do coleto (DC) das mudas de coqueiro aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) DAIT em função da condutividade elétrica da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Houve um efeito significativo da salinidade nos três períodos de avaliação estudados nas taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) e relativo (TCR-DC) em diâmetro do coleto (Tabela 6). Com o aumento da salinidade, as taxas de crescimento decresceram linearmente.

Com base nos valores percentuais de redução relativa com o incremento unitário de CEa em relação ao controle (3,32, 5,84 e 6,62% entre 0-40, 40-80 e 80-120 DAIT, respectivamente), verificou-se que a TCA-DC foi reduzida a cada período avaliado, podendo-se inferir que o tempo de exposição à salinidade reduz a velocidade de crescimento em DC. Já em relação as TCR-DC, verificou-se aumento do percentual de redução relativa com o incremento unitário de CEa até os 80 DAIT, sendo estes valores da ordem de 2,35 e 3,75%

entre 0-40 e 40-80 DAIT, respectivamente, e entre 80-120 DAIT, esse valor correspondeu a 2,43%.

Tabela 6. Resumo da análise de variância e da regressão para as taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) e relativo (TCR-DC) em diâmetro do coleto (DC) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde entre 0-40, 40-80 e 80-120 DAP e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

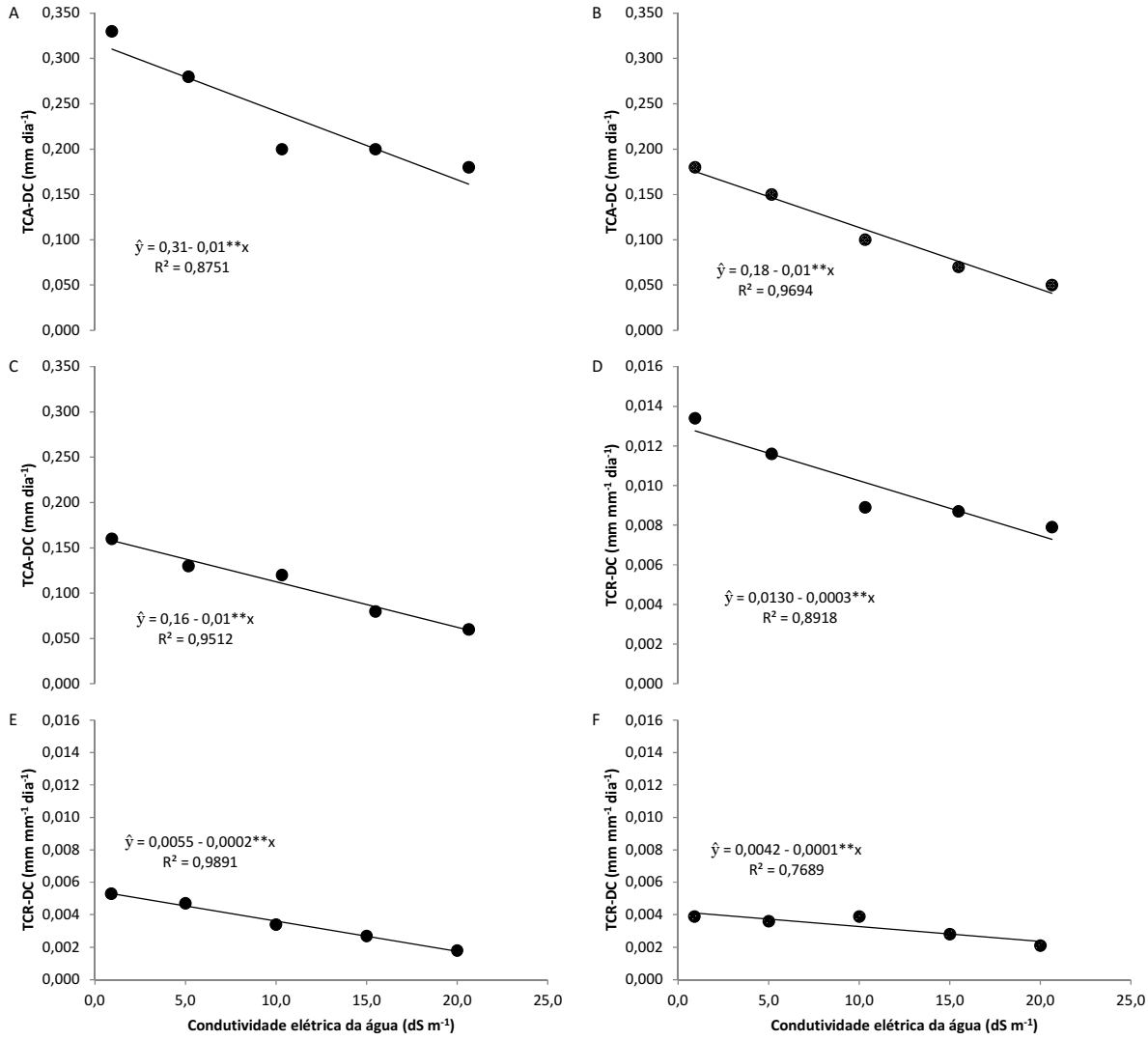
FV	GL	Quadrado Médio					
		TCA-DC			TCR-DC		
		0-40	40-80	80-120	0-40	40-80	80-120
Salinidade	4	0,02**	0,01**	0,006**	0,00002**	0,000009**	0,000003**
Reg. Linear	1	0,06**	0,05**	0,02**	0,00007**	0,00003**	0,000008**
Reg. Quadrát.	1	0,006**	$0,001^{ns}$	$0,000003^{ns}$	0,000007**	$0,000000^{ns}$	0,000002*
Reg. Cúbica	1	$0,0001^{ns}$	$0,00003^{ns}$	$0,0001^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000000^{ns}$
Desv. Regres.	1	0,001	$0,0004^{ns}$	$0,001^{ns}$	$0,000002^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$0,000001^{ns}$
Resíduo	15	0,0005	0,0007	0,0007	$6,34e^{-7}$	$7,62e^{-7}$	$1,97e^{-7}$
CV (%)		10,00	23,45	23,28	7,85	24,32	13,52
Condutividade elétrica		Médias					
(dS m^{-1})		----------mm dia^{-1}----------			--------mm $mm^{-1}dia^{-1}$--------		
0,9		0,33	0,18	0,16	0,01	0,005	0,004
5,0		0,28	0,15	0,13	0,01	0,005	0,003
10,0		0,20	0,10	0,12	0,009	0,003	0,004
15,0		0,20	0,07	0,08	0,009	0,002	0,004
20,0		0,18	0,05	0,06	0,008	0,002	0,002

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

De acordo com as equações de regressão obtidas, observou-se, aos 120 DAIT, reduções relativas de 61,41% entre S_5 e S_1, 45,34%, entre S_4 e S_1, 29,26% entre S_3 e S_1 e 13,18% entre S_2 e S_1 para a TCA-DC (Figura 9C) e de 46,47% entre S_5 e S_1,34,31%, entre S_4 e S_1, 22,14% entre S_3 e S_1 e 9,98% entre S_2 e S_1 para a TCR-DC (Figura 9F).

Figura 10. Taxas de crescimento absoluto (TCA-DC) entre 0-40 (A), 40-80 (B) e 80-120 (C) e taxas de crescimento relativo (TCR-D) entre 0-40 (D), 40-80 (E) e 80-120 (F) DAIT do diâmetro do coleto (DC) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde em função salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Na variável número de folhas (NF), também se observa efeito significativo da salinidade nas três avaliações estudadas, assim como para a área foliar (AF) aos120 DAIT (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância e da regressão para o número de folhas (NF) aos 40, 80 e 120 e área foliar (AF) aos 120 DAP das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

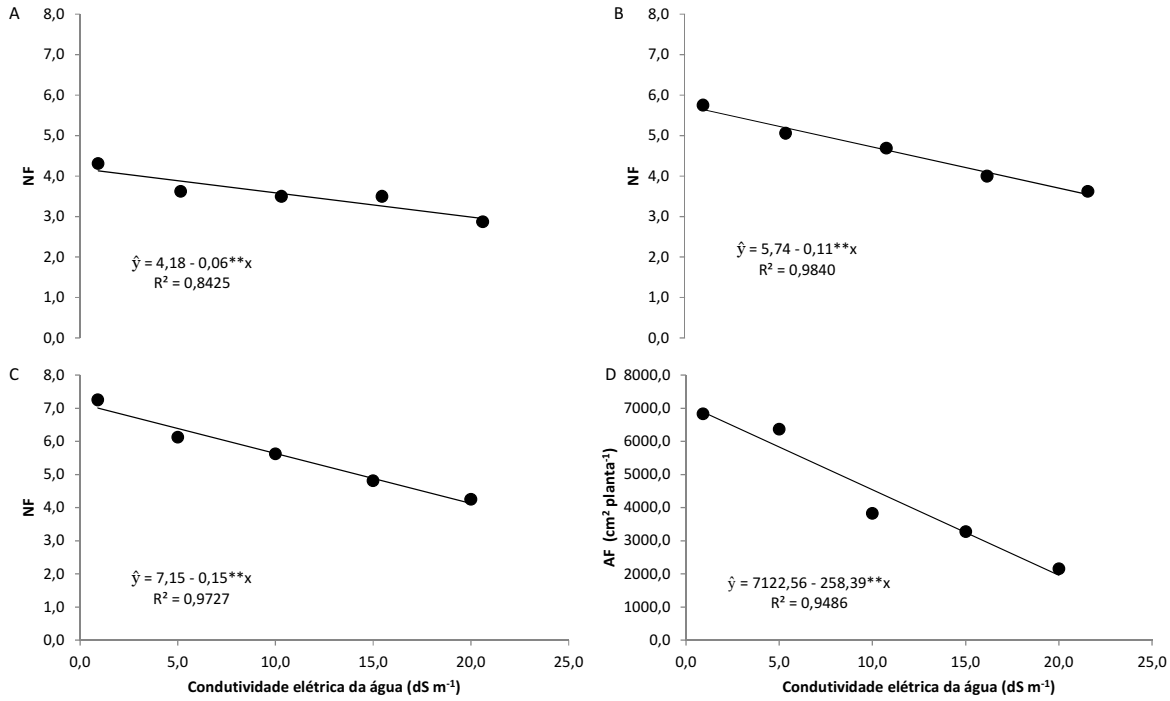
FV	GL	Quadrado Médio			
		NF			AF
		40	80	120	120
Salinidade	4	1,04**	2,85**	5,44**	16374284,71**
Reg. Linear	1	3,53**	11,22**	21,17**	62130402,70**
Reg. Quadrática	1	$0,02^{ns}$	$0,07^{ns}$	$0,30^{ns}$	$508077,08^{ns}$
Reg. Cúbica	1	0,64**	$0,004^{ns}$	$0,11^{ns}$	$444542,44^{ns}$
Desv. Regressão	1	$0,0001^{ns}$	$0,11^{ns}$	$0,18^{ns}$	2414116,60**
Resíduo	15	0,06	0,06	0,13	247230,24
CV (%)		6,96	5,31	6,58	11,07
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias			
		Unidades			---cm^2 $planta^{-1}$---
0,9		4,31	5,75	7,25	6836,29
5,0		3,62	5,06	6,12	6365,30
10,0		3,50	4,69	5,62	3824,06
15,0		3,50	4,00	4,81	3277,14
20,0		2,87	3,62	4,25	2158,06

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Verifica-se para o número de folhas e para a área foliar, comportamento linear decrescente com o aumento de salinidade da água de irrigação. Observa-se, ainda, redução relativa com o incremento unitário de salinidade de 1,45, 1,95 e 2,14%aos 40, 80 e 120 DAIT, respectivamente, para o NF e 3,75% para AF aos 120 DAIT. Verificaram-se, aos 120 DAIT por meio das equações de regressão obtidas, reduções relativas de 40,84% entre S_5 e S_1, 30,15%, entre S_4 e S_1, 19,46% entre S_3 e S_1 e 8,77% entre S_2 e S_1 para o número de folhas e 71,63% entre S_5 e S_1, 52,88%, entre S_4 e S_1, 34,13% entre S_3 e S_1 e 15,38% entre S_2 e S_1 para a variável AF.

Figura 11. Número de folhas (NF) aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) e área foliar (AF) aos 120 (D) DAIT das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

A área foliar foi a variável que teve maior redução com o nível mais severo de salinidade aplicada (S_5=20,0 dS m^{-1}), sendo esta redução superior a 70%, seguida da altura (46%), número de folhas (40%) e do diâmetro do coleto (33%). Um fator que contribuiu diretamente para a redução na área foliar foi a redução no número de folhas, onde, verifica-se em cada avaliação estudada, que houve uma intensificação do efeito da salinidade, acarretando em retardamento da emissão foliar. Ferreira Neto *et al.* (2007), verificaram resposta semelhante, onde constataram aumento do intervalo na emissão foliar no coqueiro irrigado com águas salinas. Conforme Tester e Davenport (2003), a acumulação de sais no solo diminui o potencial osmótico deste, tornando o processo de absorção de água e nutrientes mais dispendiosos, causando redução no crescimento e expansão foliar das plantas.

Alguns autores sugerem que a redução na área foliar se deve ao ajustamento da planta, em virtude da diminuição do volume de células e da reduzida atividade fotossintética, reduzindo assim suas taxas transpiratórias (LAUCHLI; EPSTEIN, 1990; ARAÚJO, 1994; SOUZA, 1995; SILVA *et al*., 2008). Tal resposta pode ser interpretada como mecanismo de

aclimatação ao estresse salino, uma vez que, devido às concentrações crescentes de sais no solo com a evolução das irrigações, há uma menor absorção de água pela planta, e para não haver déficit, a planta se utiliza de mecanismos como diminuição da área foliar, reduzindo assim, as perdas hídricas para o ambiente.

Inicialmente, a salinidade altera a absorção de água e dos nutrientes, afetando a divisão e expansão celular e causando um menor desenvolvimento da planta (PRISCO; GOMES FILHO, 2010). Apesar das reduções significativas na área foliar, os resultados evidenciam a capacidade da espécie de tolerar altos níveis de salinidade da água. Todas as plantas sobreviveram aos 120 DAIT e não houve nenhum sintoma expressivo de intoxicação causado pelo excesso de sais aplicados na água de irrigação (Figura 12).

Com exceção da massa seca das raízes (MSR), houve efeito significativo da salinidade para massas secas da parte aérea (MSPA) e total (MST) (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância e da regressão e a classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade para as massas secas da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio		
		MSR	MSPA	MST
Salinidade	4	20,97^{ns}	14570,26**	15639,62**
Reg. Linear	1	-	55156,78**	59441,73**
Reg. Quadrática	1	-	1477,08^{ns}	1538,26^{ns}
Reg. Cúbica	1	-	34,18^{ns}	17,68^{ns}
Desv. Regressão	1	-	1612,26^{ns}	1560,82^{ns}
Resíduo	15	13,65	492,77	586,07
CV (%)		21,15	15,08	14,70
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias (g planta^{-1})		
0,9		20,75	224,55	245,30
5,0		18,24	195,38	213,62
10,0		17,47	124,16	141,63
15,0		16,31	111,42	127,73
20,0		14,59	80,46	95,05
Redução no ou produção (%)			Classificação[1]	
0 – 20			Tolerante (T)	
20 – 40			Moderadamente Tolerante (MT)	
40 – 60			Moderadamente Sensível (MS)	
> 60			Sensível (S)	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo;

([1]) Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução do crescimento ou produção de massa seca. Fonte: Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

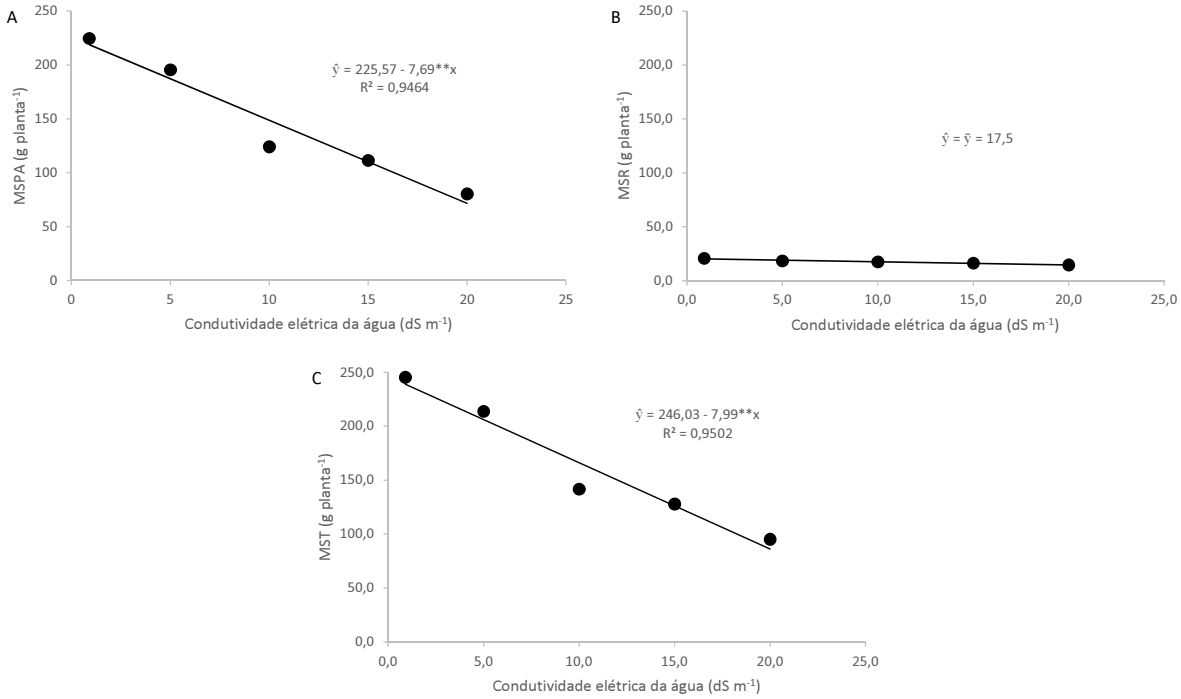
Houve um decréscimo linear com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação para as massas seca das mudas de coqueiro, exceto para a massa seca da raiz. Porém, para esta última, houve uma tendência de redução com o aumento da salinidade, onde, o decréscimo relativo entre o tratamento S_5 e S_1 foi de 29,68%.

Com as equações de regressão obtidas (Figura 12), verificou-se redução relativa de 67,17% entre S_5 e S_1, 49,59%, entre S_4 e S_1, 32,00% entre S_3 e S_1 e 14,42% entre S_2 e S_1 para MSPA e de 62,09% entre S_5 e S_1, 45,84%, entre S_4 e S_1, 29,58% entre S_3 e S_1 e 13,33% entre S_2 e S_1 para MST. Marinho *et al.* (2005), verificaram reduções na fitomassa seca da raíz

e da parte aérea do coqueiro Anão em fase de viveiramento quando submetido à irrigação com níveis crescentes de salinidade, com maiores perdas para a raíz. Resultados semelhantes foram encontrados por estes mesmos autores durante a fase de germinação e formação de mudas de coqueiro Anão irrigado com águas salinas (MARINHO, 2005b).

As reduções na área foliar tiveram efeito direto na produção de massa seca das mudas de coqueiro, mesmo para a variável MSR, que não apresentou efeito significativo. De acordo com os índices de tolerância elaborados por Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010), para a produção de massa seca, o coqueiro somente foi tolerante para CEa de 5,0 dS m^{-1} em relação à MSPA e MST, para a de 10,0 dS m^{-1}, mostrou-se foi moderadamente tolerante, respectivamente. É possível que entre 5 e 10,0 dS m^{-1} se comporte mais como moderadamente tolerante. Quanto a MSR, em relação ao nível mais salino, verifica-se que o coqueiro responde como uma espécie moderadamente tolerante.

Figura 12. Massa seca da parte aérea (A), da raíz (B), e massa seca total (C) do coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Conforme Parida, Das e Mittra (2004), tais reduções afetam a biomassa por diminuir a AF disponível para a fotossíntese. Em outras culturas como maracujazeiro (COSTA *et al.*, 2005), tomateiro (FREIRE *et al.*, 2010) e rúcula (SOUZA NETA *et al.*, 2013), p. ex., verificam-se, também, reduções na massa seca com o aumento da salinidade da água. Conforme Taiz e Zeiger (2009), o efeito dos sais pode inibir a atividade meristemática e o alongamento celular, causando redução no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Na Figura 12, pode-se visualizar o crescimento da parte aérea e das raízes das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde em função da irrigação com águas salinas (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}) 120 DAIT.

Figura 13. Visão do crescimento das plantas, destacando-se a parte aérea (A) e sistema radicular (B) aos 120 DAIT das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde em função da salinidade da água de irrigação (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}). Fortaleza, Ceará. 2013.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

4.1.1.2 Relações morfométricas

Verificou-se, por meio da análise de variância, efeito significativo para suculência foliar (SF), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) e efeito não significativo para a variável área foliar específica (AFE) aos 120 DAIT. Verificou-se, também, resposta quadrática para a SF e para a RAF com o aumento da salinidade. Para a RPF, foi observado que esta variável decresceu linearmente com o aumento da salinidade.

Tabela 9. Resumo da análise de variância e da regressão para área foliar específica (AFE), suculência foliar (SF), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio			
		AFE	SF	RAF	RPF
Salinidade	4	16,03^{ns}	0,57**	27,63**	0,004**
Reg. Linear	1	-	0,41*	85,29**	0,01**
Reg. Quadrática	1	-	1,56**	19,03*	0.0001^{ns}
Reg. Cúbica	1	-	0,31^{ns}	3,54^{ns}	0,00000^{ns}
Desv. Regressão	1	-	0,0003^{ns}	2,66^{ns}	0,001^{ns}
Resíduo	15	5,58	0,07	3,23	0,0008
CV (%)		7,80	6,63	6,72	3,30
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias			
		cm^2g^{-1}	g H_2O dm^{-2}	cm^2 g^{-1}	g g^{-1}
0,9		30,57	4,24	27,97	0,91
5,0		32,57	3,61	29,78	0,91
10,0		31,52	3,63	27,53	0,87
15,0		29,46	4,10	25,76	0,87
20,0		27,37	4,46	22,83	0,83

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Verifica-se que ocorreu uma diminuição na suculência foliar em S_2 e a partir deste nível e com o aumento de salinidade, ocorreu aumento nesta variável (Figura 13B), onde tais resultados podem evidenciar uma estratégia da planta como uma aclimatação ao estresse salino. Um dos efeitos da salinidade nas plantas é o aumento do conteúdo de água por área foliar. Conforme Trindade *et al*. (2005), estudando a influência de alguns solutos na aclimatação do feijão-de-corda e do sorgo ao estresse salino, verificaram resultados contrastantes para essas culturas, onde observaram aumento na SF para o feijão e decréscimo para o sorgo ao longo do tempo. Segundo esses mesmos autores, a suculência permite a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares e depende, diretamente, da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares, podendo contribuir para reduzir o efeito dos sais sobre o crescimento da planta, porém, no presente estudo, por se constatar uma diferença pequena entre o controle e o nível mais salino, não houve uma tendência clara.

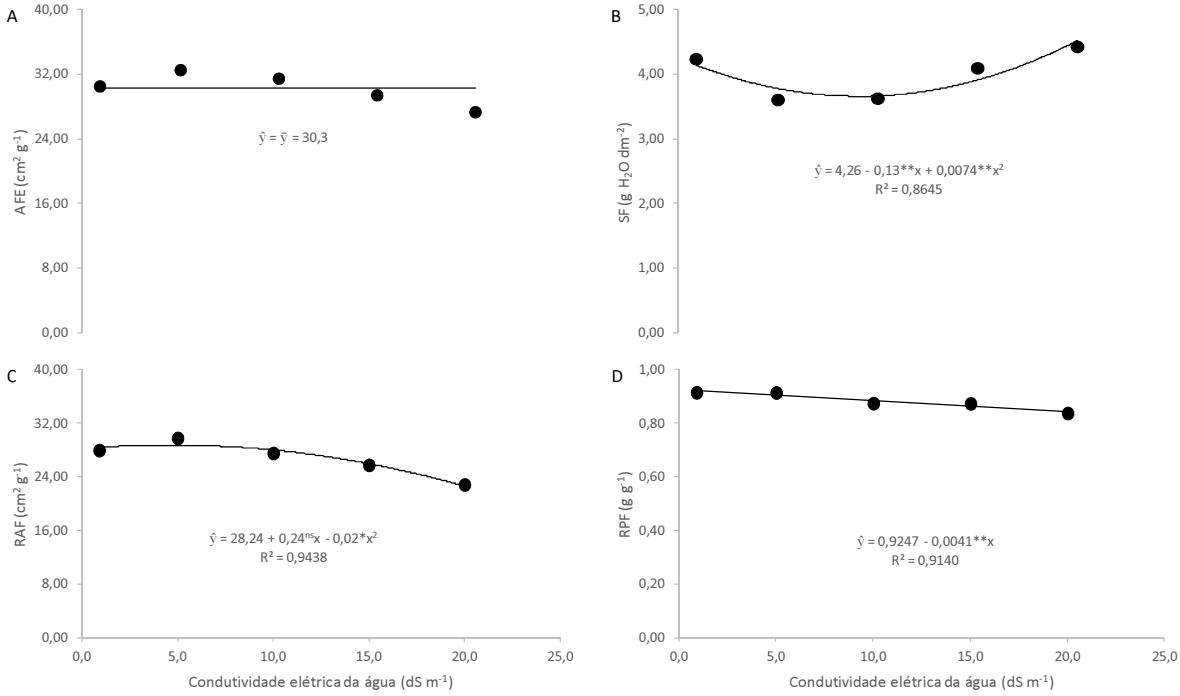
Pelas suas características, segundo Cairo *et al*. (2008), a RAF dá uma ideia de área foliar útil disponível para produção de massa seca. Aos 120 DAIT, houve um aumento nesta variável para o nível S_2, a partir deste, a RAF decresce com o aumento da salinidade (Figura 13C). Esses resultados se assemelham em parte com os encontrados por Porto Filho *et al*. (2006), que trabalhando com a cultura do melão sob estresse salino, verificaram redução nesta variável com o incremento de salinidade.

Em contraste aos resultados encontrados no presente estudo, Carneiro *et al*. (2004), verificaram aumento da razão de área foliar com o incremento da salinidade em porta-enxertos de cajueiro anão-precoce, onde esses mesmos autores atribuem tal consequência ao efeito da salinidade incremental ter afetado mais severamente a produção de massa seca total.

A RAF é um indicador da dimensão relativa da assimilação do aparato fotossintético (CARNEIRO *et al*., 2004). De acordo com este conceito, uma proporção maior do produto fotoassimilado é utilizada na formação do aparelho fotossintético com o aumento da salinidade, divergindo dos resultados obtidos com as mudas de coqueiro expostas a salinidades crescentes nesse estudo, onde se verificou, que a AF foi mais afetada que a massa seca.

A razão de peso foliar (RPF), ou o que a planta investiu na constituição da matéria seca da parte aérea (folhas), conforme Cairo *et al*. (2008), decresceu linearmente com o aumento da salinidade, com decréscimos relativos de 4,11% entre S_5 e S_1, 3,03%, entre S_4 e S_1, 1,96% entre S_3 e S_1 e 0,88% entre S_2 e S_1 (Figura 13D). Um dos fatores que pode ter contribuído para a redução da RPF, foi a acumulação excessiva de íons potencialmente tóxicos nas folhas, p. ex., Na+, causando redução tanto na área foliar como na massa seca desta. De acordo com Munns e Termaat (1986), quando os teores de Na^+ e Cl^- alcançam valores elevados nas folhas maduras, estas iniciam o processo de senescência, reduzindo os teores das clorofilas e a produção de fotoassimilados, afetando o seu fornecimento para as folhas jovens. Contudo, os valores observados são mínimos e relativos, uma vez que, a massa das folhas diminuíram, como também a massa seca total.

Figura 14. Área foliar específica (A), suculência foliar (B), razão de área foliar (C), razão de peso foliar (D) do coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

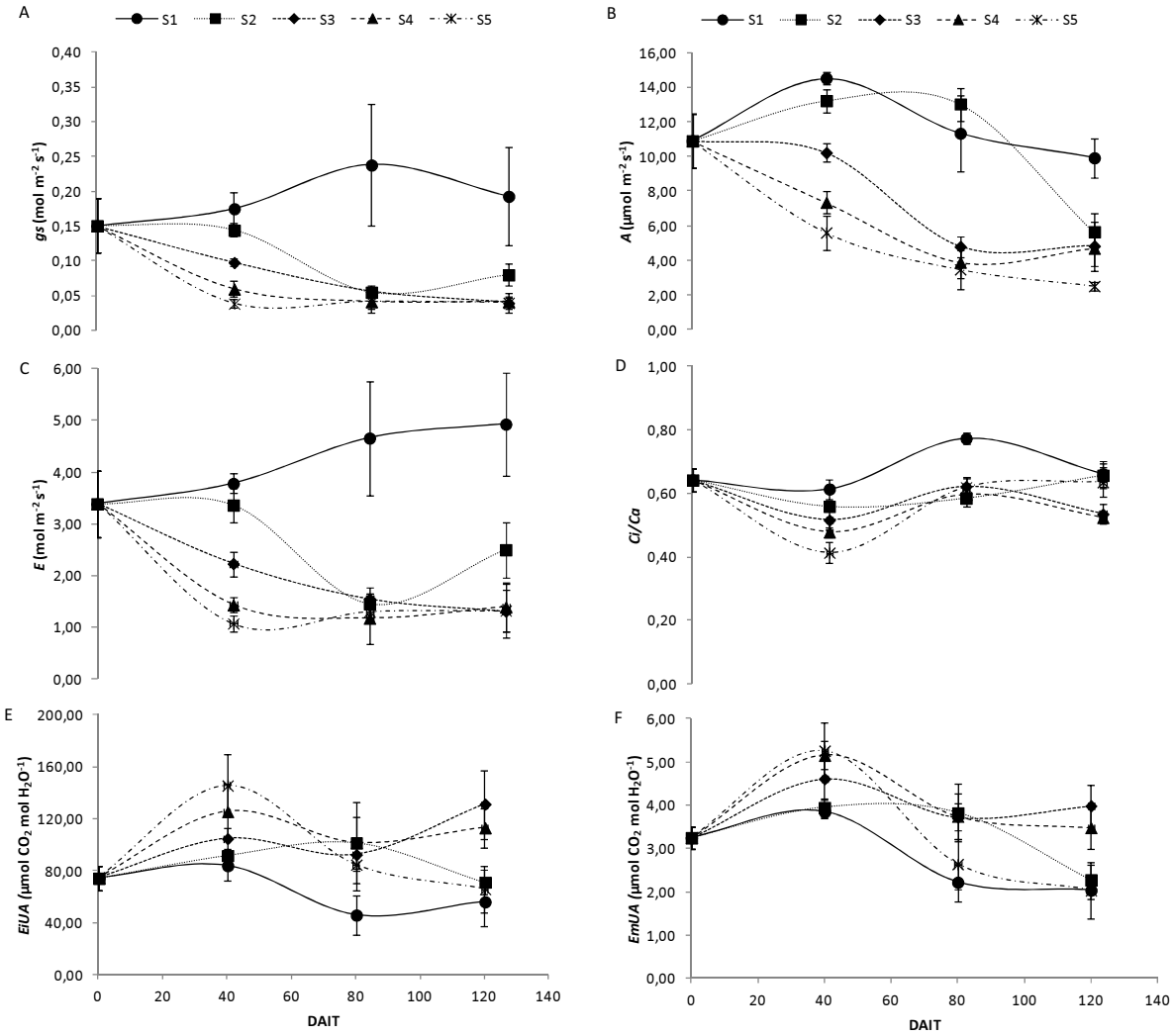
(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

4.1.2 Variáveis fisiológicas

4.1.2.1 Trocas gasosas

Houve variações nas trocas gasosas das mudas de coqueiro com a evolução das irrigações com águas salinas (Figura 14). Ao longo do experimento, foi observado maiores reduções para condutância estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a) com o tratamento S_5 (CEa=20,0 dS m^{-1}).

Figura 15. Visão geral da evolução da condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde, em função da salinidade da água de irrigação (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}) durante o período experimental. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

Obs.: Barras verticais indicam o desvio padrão.

Houve efeito significativo da salinidade para a condutância estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 40 (Tabela 10), 80 (Tabela 11) e aos 120 DAIT (Tabela 12).

Tabela 10. Resumo da análise de variância e da regressão para estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínseca no uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 40 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		gs	*A*	*E*	C_i/C_a	*EiUA*	*EmUA*
Salinidade	4	0,012**	56,89**	5,56**	0,02**	2550,53**	1,73**
Reg. Linear	1	0,05101**	225,30**	21,66**	0,09**	9988,07**	6,54**
Reg. Quadrática	1	$0,0005^{ns}$	$0,03^{ns}$	$0,18^{ns}$	$0,000000^{ns}$	$196,78^{ns}$	$0,03^{ns}$
Reg. Cúbica	1	$0,0002^{ns}$	2,22*	0,36*	$0,0009^{ns}$	$9,18^{ns}$	$0,32^{ns}$
Desv. Regressão	1	$0,000005^{ns}$	$0,03^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,000009^{ns}$	$8,07^{ns}$	$0,01^{ns}$
Resíduo	15	0,0001	0,45	0,05	0,0007	250,54	0,17
CV (%)		12,05	6,59	9,36	5,25	14,35	8,97
Condut.elétrica (dS m^{-1})		Médias					
0,9		0,17	14,51	3,77	0,61	83,93	3,84
5,0		0,14	13,20	3,36	0,56	91,74	3,94
10,0		0,09	10,21	2,23	0,51	104,75	4,61
15,0		0,06	7,34	1,42	0,48	125,57	5,15
20,0		0,03	5,60	1,06	0,41	145,62	5,25

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Ocorre resposta linear decrescente com o aumento da salinidade para todas as variáveis de trocas gasosas aos 40 DAIT, onde, o percentual de decréscimo relativo com o incremento unitário de condutividade elétrica da água em relação a testemunha foram de 4,31 (Figura 15A), 5,25 (Figura 15B), 3,96 (Figura 15C) e 1,63% (Figura 15D) para *gs*, *A*, *E* e C_i/C_a, respectivamente. Verifica-se, ainda, que as estimativas na eficiência no uso de água aumentaram linearmente neste mesmo período de avaliação (Figuras 15E e 15F).

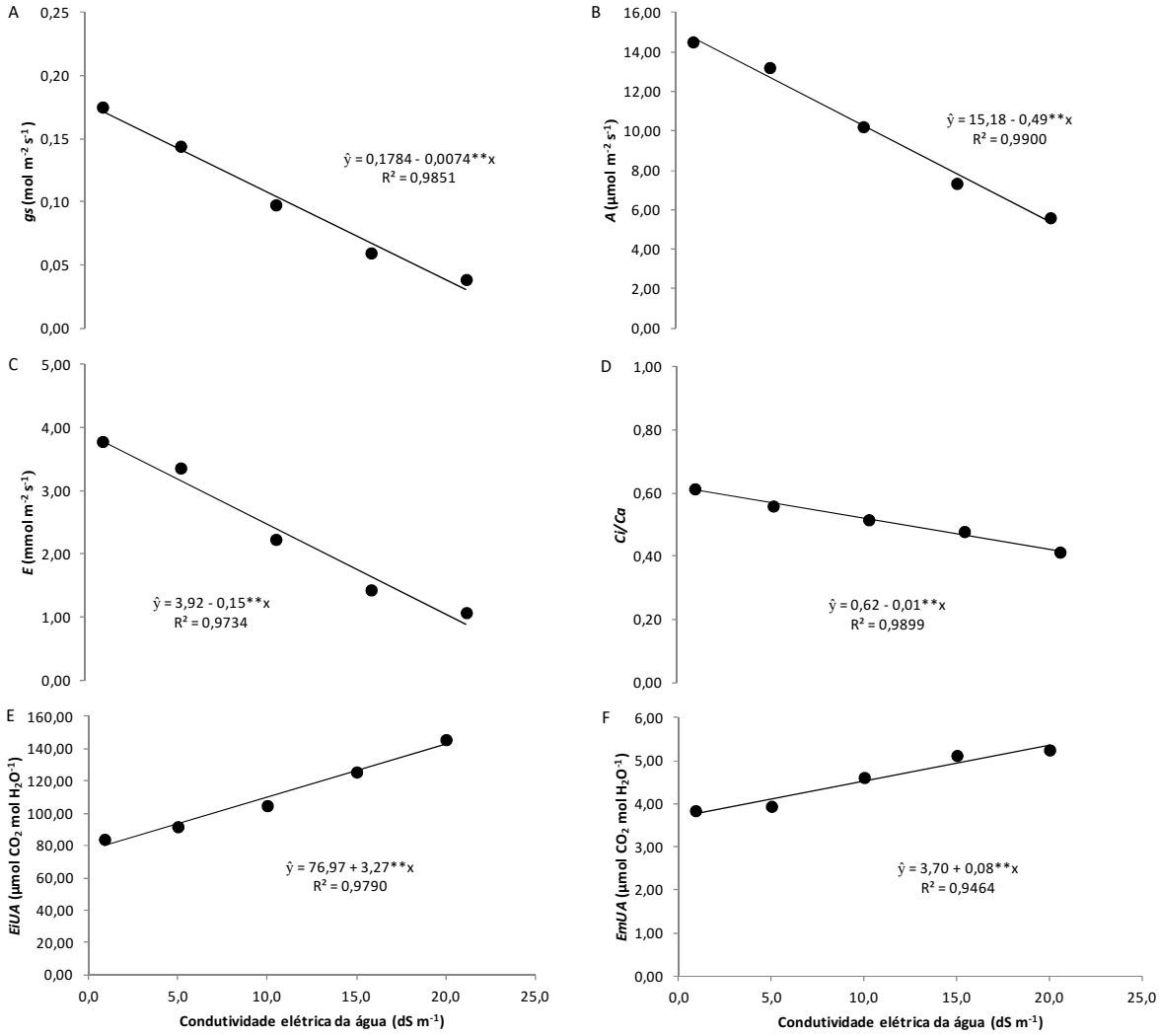
A redução na condutância estomática está associada ao efeito acumulativo dos sais no solo, que por sua vez, aumentam as forças de retenção de água no solo devido ao seu efeito osmótico (DIAS; BLANCO, 2010) requerendo maior dispêndio na absorção de água pelas raízes (TESTER; DAVENPORT, 2003), e como consequência, as plantas diminuem a abertura de seus estômatos para diminuir as perdas hídricas para a atmosfera.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram detectados por Marinho *et al.* (2005), onde verificaram redução na condutância estomática com a aplicação de águas salinas na cultura do coqueiro.

A assimilação fotossintética está diretamente relacionada à condutância estomática, onde, neste experimento, as reduções desta foram acompanhadas pela redução na fotossíntese em função do aumento da salinidade da água de irrigação.

Bezerra *et al.* (2005), verificaram redução na *A* em plantas jovens de cajueiro Anão sob estresse salino, assim como alta correlação entre *A* e *gs*. Ainda, conforme esses mesmos autores, a redução na taxa fotossintética pode ser decorrente do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos da salinidade e da toxidez iônica sobre o metabolismo.

Figura 16. Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), razão C_i/C_a (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40 DAIT. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente (^{ns}) não significativo.

Em algumas outras culturas como amendoim (GRACIANO *et al.*, 2011) e feijão-de-corda (ASSIS JUNIOR *et al*., 2007), também foram verificadas reduções na *A* com o aumento da salinidade.

Em decorrência do fechamento parcial dos estômatos, verificou-se também, reduções na transpiração foliar, assim como, para a razão C_i/C_a, onde tal redução conforme Kramer e Boyer (1995) é um indicativo de que não houve inibição dos processos bioquímicos da fotossíntese, enquanto que, quando se verifica redução na assimilação de CO_2acompanhada de manutenção da razão C_i/C_a, pode-se haver um indicativo de inibição em tais processos.

As estimativas na *EiUA* e *EmUA* aumentaram com o incremento da condutividade elétrica da água, sendo estes valores da ordem de 4,42 e 2,20% por incremento unitário de condutividade elétrica em relação ao tratamento controle (S_1). Tal aumento pode ser explicado pelo fato de que, embora a fotossíntese seja reduzida com o aumento da salinidade, o fechamento parcial dos estômatos eleva a *EiUA* (MACHADO FILHO *et al.*, 2006), podendo-se inferir também para a *EmUA*, uma vez que, o fechamento parcial dos estômatos em função do aumento da salinidade reduziu a transpiração foliar, acarretando em menores perdas de água e consequente aumento da *EmUA*.

Tabela 11. Resumo da análise de variância e da regressão para condutância estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínsecano uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 80 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		gs	*A*	*E*	C_i/C_a	*EiUA*	*EmUA*
Salinidade	4	0,029**	40,72**	8,73**	0,02**	1757,24*	2,22*
Reg. Linear	1	0,06**	114,64**	18,22**	0,03**	1996,95^{ns}	0,14^{ns}
Reg. Quadrática	1	0,03**	33,10**	10,83**	0,03**	3096,25*	7,80**
Reg. Cúbica	1	0,01**	11,71*	4,00**	0,01**	580,31^{ns}	0,26^{ns}
Desv. Regressão	1	0,004^{ns}	3,44^{ns}	1,87^{ns}	0,01**	1655,44	0,69^{ns}
Resíduo	15	0,001	1,63	0,31	0,0006	412,18	0,67
CV (%)		46,61	22,05	27,84	4,04	23,89	25,44
Condut.elétrica (dS m^{-1})		Médias					
0,9		0,23	11,33	4,66	0,77	50,25	2,22
5,0		0,05	5,50	1,45	0,58	101,51	3,82
10,0		0,05	4,79	1,54	0,62	86,75	3,72
15,0		0,04	3,89	1,17	0,59	101,56	3,74
20,0		0,04	3,47	1,30	0,61	84,77	2,64

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

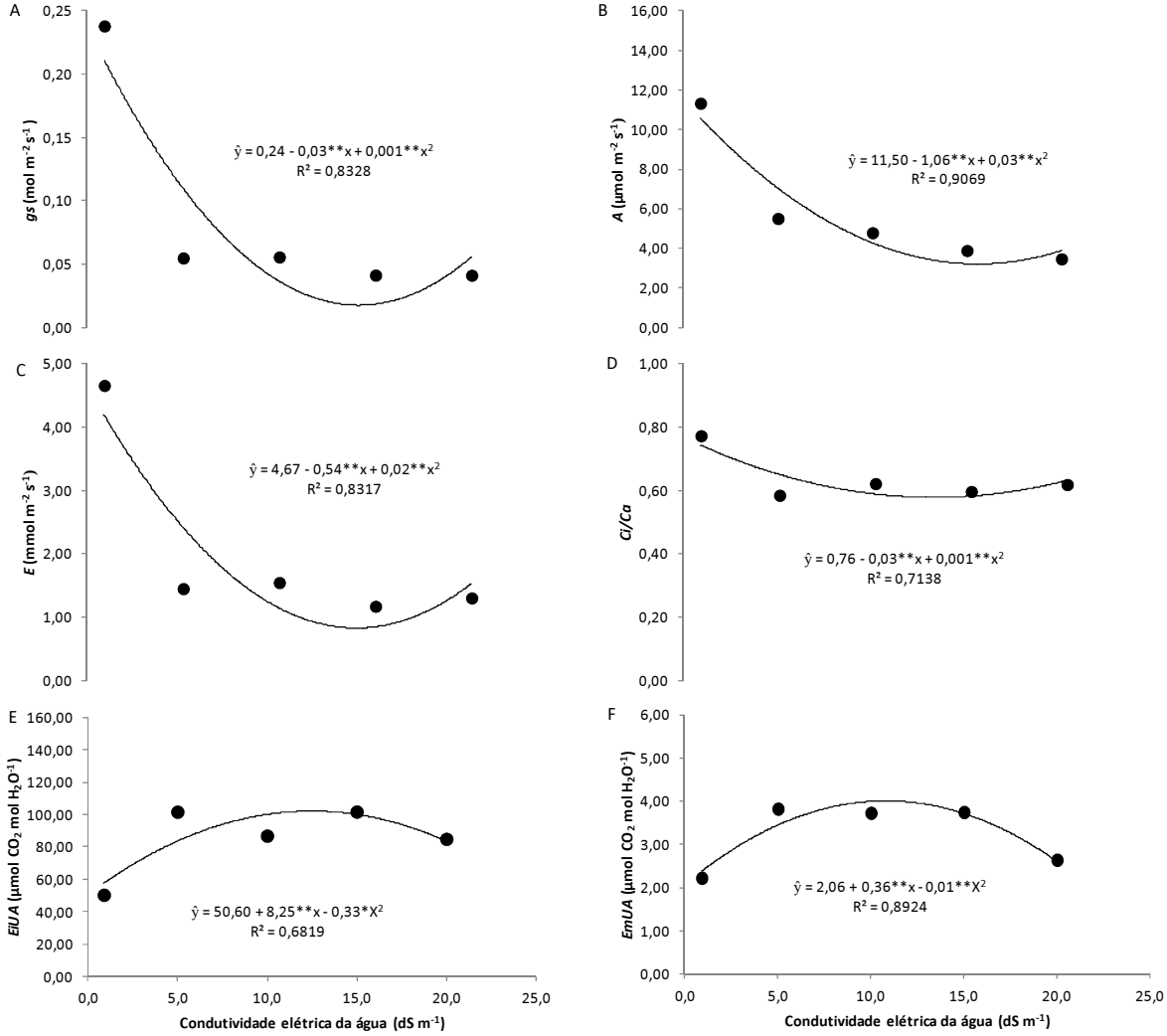
(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Aos 80 DAIT, as trocas gasosas e as estimativas das eficiências no uso de água apresentaram reposta quadrática em função dos tratamentos. Com relação as trocas gasosas (*gs*, *A* e *E*) e a razão C_i/C_a, tais respostas, decresceram com o aumento da salinidade da água

(Figuras 16A, 16B, 16C e 16D), porém, em taxas decrescentes, quando comparadas as que foram observadas aos 40 DAIT, onde as respostas foram decrescentes em taxas constantes.

Aplicando-se a derivada primeira para verificar a máxima eficiência no uso de água sob condições salinas nas equações de regressão obtidas para *EiUA* e *EmUA* aos 80 DAIT, verifica-se máxima eficiência quando a condutividade elétrica da água correspondeu a 12,5 e 17,5 dS m^{-1} para *EiUA* e *EmUA*, respectivamente e, a partir destes valores de CEa, verificou-se redução nessas estimativas (Figuras 16E e 16F).

Figura 17. Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), relação Ci/Ca (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 80 DAIT. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor. 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Respostas semelhantes as que foram observadas aos 80 DAIT, também foram verificadas aos 120 DAIT, onde o modelo quadrático foi o que melhor ajustou-se para *gs*, *A*, *E*, C_i/C_a, *EiUA* e *EmUA* conforme a análise de regressão obtida (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância e da regressão para estomática (*gs*) fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*), razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a), eficiência intrínsecano uso de água (*EiUA*) e eficiência momentânea no uso de água (*EmUA*) aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		gs	*A*	*E*	C_i/C_a	*EiUA*	*EmUA*
Salinidade	4	0,017**	29,51**	9,72**	0,02*	4279,52**	3,30**
Reg. Linear	1	0,045**	96,16**	26,53**	$0,01^{ns}$	$1345,93^{ns}$	$0,48^{ns}$
Reg. Quadrática	1	0,021**	7,01*	10,89**	0,04*	12844,37**	9,83**
Reg. Cúbica	1	$0,003^{ns}$	14,75**	$1,46^{ns}$	$0,02^{ns}$	$1304,47^{ns}$	$1,53^{ns}$
Desv. Regressão	1	$0,00002^{ns}$	$0,13^{ns}$	$0,02^{ns}$	$0,003^{ns}$	$1623,32^{ns}$	$1,37^{ns}$
Resíduo	15	0,001	1,12	0,39	0,005	604,18	0,61
CV (%)		42,78	19,20	27,32	11,91	28,07	28,28
Condut.elétrica (dS m^{-1})		Médias					
0,9		0,19	9,91	4,93	0,66	56,13	2,03
5,0		0,08	5,64	2,50	0,65	71,28	2,27
10,0		0,04	4,82	1,31	0,53	131,30	3,98
15,0		0,04	4,69	1,39	0,52	113,08	3,48
20,0		0,04	2,51	1,32	0,63	66,04	2,03

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

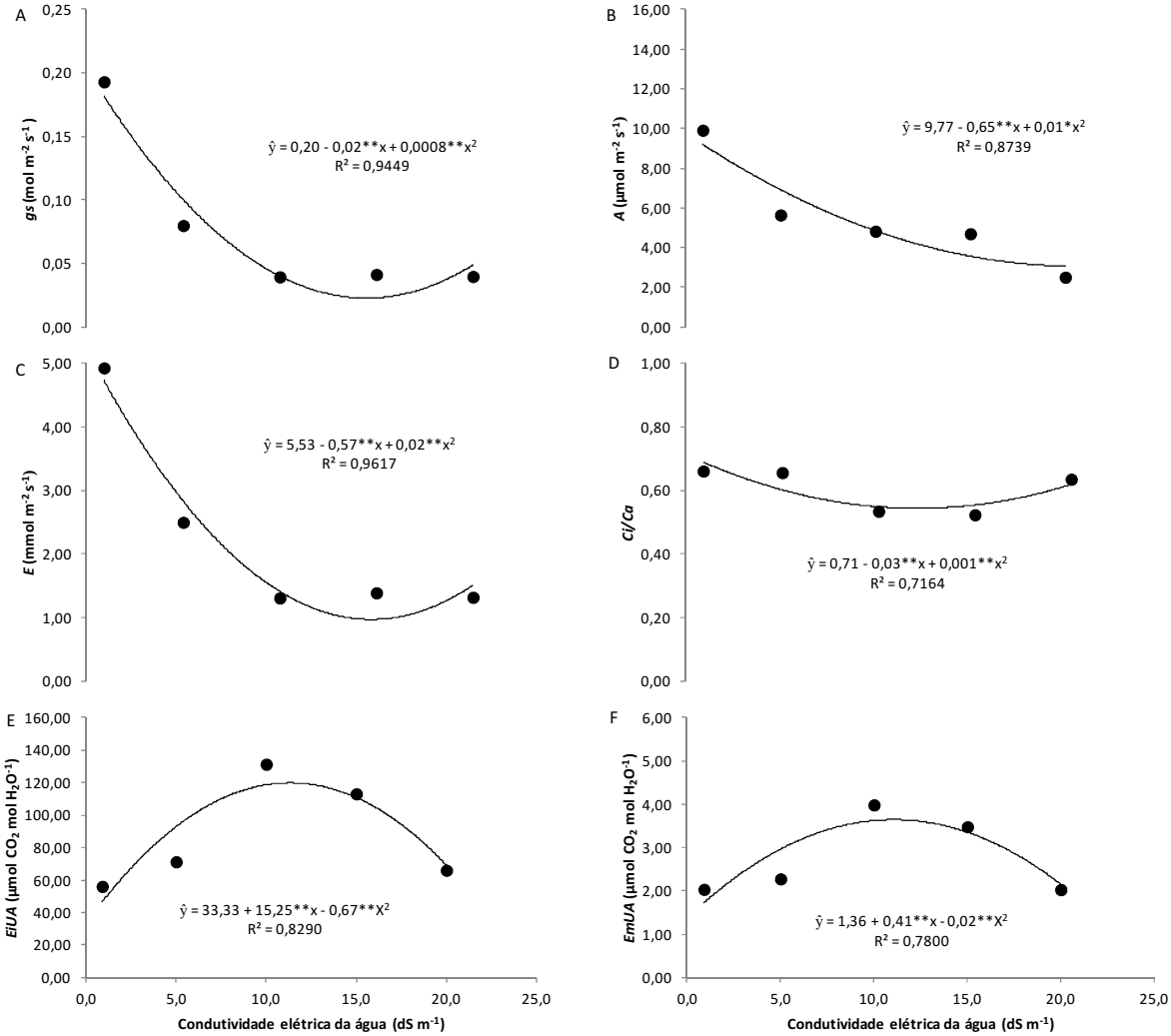
O aumento da salinidade provocou decréscimos a taxas decrescentes na *gs*, *A*, *E*, e C_i/C_a aos 120 DAIT. Observou-se, ainda, para a razão C_i/C_a, que houve um aumento acentuado no tratamento mais salino (S_5) para o período estudado.

As taxas decrescentes observadas na *gs*, *A*, *E*, e C_i/C_a pode indicar, com base nas médias observas aos 80 e 120 DAIT, que as mudas de coqueiro Anão apresentam uma tendência de estabilização entre S_2 e S_5, evidenciando a capacidade da espécie em ser tolerante aos níveis salinos estudados.

Com relação as estimativas no uso eficiente da água, verifica-se uma atenuação dos efeitos da salinidade, visto que, os pontos de máximo obtidos foram com CEa de 11,38

(Figura 17E) e 10,25 dS m^{-1}(Figura 17F) para *EiUA* e *EmUA*, respectivamente, sendo estes valores de CEa menores quando comparados aos valores observados aos 80 DAIT.

Figura 18. Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C), relação Ci/Ca (D), eficiência intrínseca no uso de água (E) e eficiência momentânea no uso de água (F) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT. Fortaleza, Ceará. 2013.



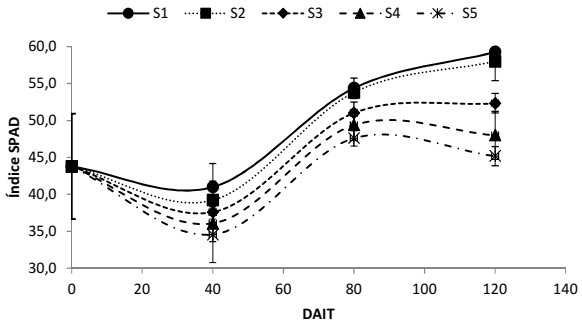
Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

4.1.2.2 Índice relativo de clorofila e clorofilas a, b e total

Com relação ao teor relativo de clorofila, estimado pelo índice SPAD, verificou-se variações ao longo do tempo com a evolução das irrigações (Figura 18).

Figura 19. Evolução da clorofila total (Índice SPAD) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde, em função da salinidade da água de irrigação (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}) durante o período experimental. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

Obs.: Barras verticais indicam o desvio padrão.

Observou-se efeito significativo da salinidade aos 40, 80 e 120 DAIT para o Índice SPAD. Verifica-se, de acordo com as médias observadas em função do tempo, aumento nos conteúdos de clorofila até o nível de 10,0 dS m^{-1}, e a partir destes, começam a decrescer.

Tabela 13. Resumo da análise de variância e da regressão para o índice SPAD das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40, 80 e 120 DAP e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

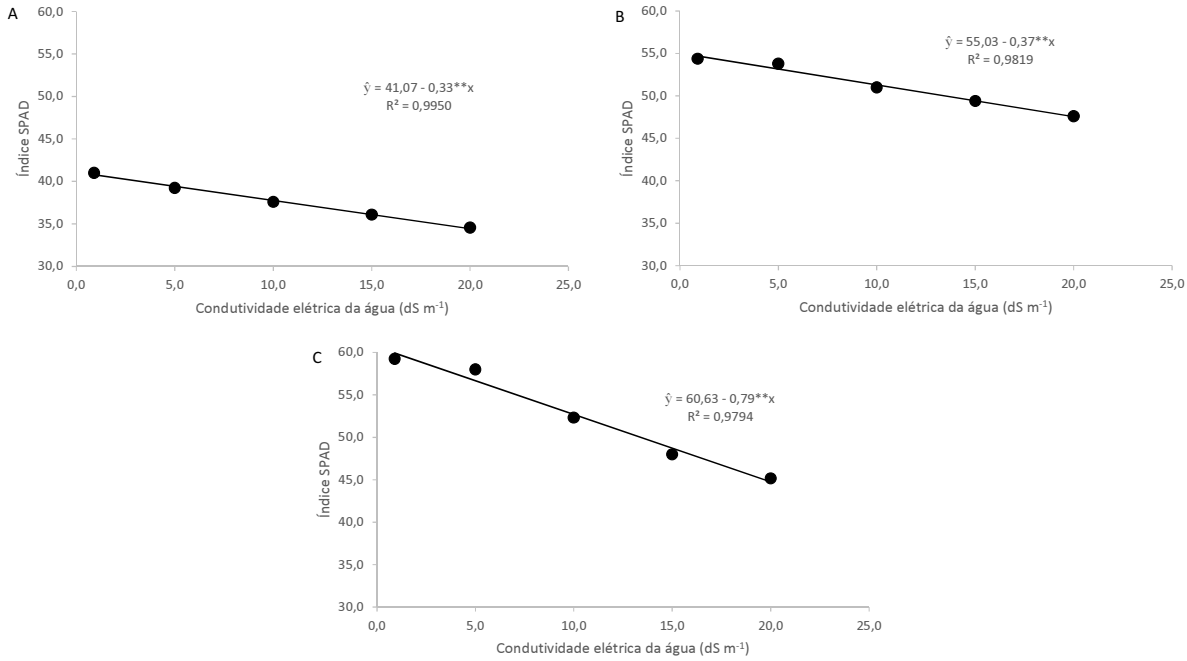
FV	GL	Quadrado Médio		
		40	80	120
Salinidade	4	25,71*	33,07**	149,55**
Reg. Linear	1	102,36**	129,29**	585,87**
Reg. Quadrática	1	0,38^{ns}	0,04^{ns}	0,005^{ns}
Reg. Cúbica	1	0,11^{ns}	1,04^{ns}	10,46^{ns}
Desv. Regressão	1	0,006^{ns}	1,30^{ns}	1,86^{ns}
Resíduo	15	7,83	2,08	4,38
CV (%)		7,42	2,82	3,98
Condutividade elétrica (dS m^{-1})			Médias	
0,9		41,0	54,3	59,2
5,0		39,2	53,8	58,0
10,0		37,6	51,0	52,3
15,0		36,1	49,4	48,0
20,0		34,5	47,5	45,2

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

De acordo com a equação de regressão obtida, aos 120 DAIT, observa-se reduções relativas de 25,18% entre S_5 e S_1, 18,59%, entre S_4 e S_1, 12,00% entre S_3 e S_1 e 5,41% entre S_2 e S_1 (Figura 19 C). Jamil *et al*. (2007), estudando o efeito de concentrações crescentes de NaCl na solução nutritiva, também verificaram decréscimo no Índice SPAD para a cultura do rabanete.

Figura 20. Clorofila total (Índice SPAD) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) DAP em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

A irrigação com águas salinas influenciou significativamente as concentrações de clorofilas *a*, *b* e total (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância e da regressão para as concentrações de clorofilas *a*, *b* e total das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Clf *a*	Clf *b*	Clf total
Salinidade	4	6818,50**	6903,40*	27229,54*
Reg. Linear	1	21870,06**	23744,75*	91130,70**
Reg. Quadrática	1	1156,25^{ns}	225,27^{ns}	24,01^{ns}
Reg. Cúbica	1	51,86^{ns}	136,07^{ns}	19,80^{ns}
Desv. Regressão	1	4195,81*	3507,53^{ns}	15366,28^{ns}
Resíduo	15	725,74	4205,07	7920,35
CV (%)		27,57	57,89	42,45
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias (mg planta^{-1})		
0,9		147,81	156,08	303,80
5,0		133,95	155,58	289,43
10,0		66,25	88,51	154,71
15,0		86,04	95,05	181,04
20,0		54,47	64,86	119,30

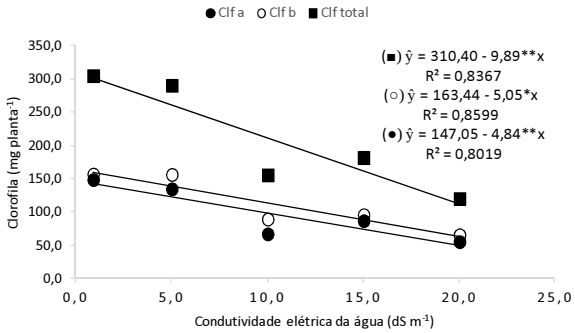
Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Observa-se redução linear nos conteúdos de clorofilas com o aumento da salinidade. Khosravinejad *et al.* (2008) trabalhando com duas cultivares de cevada e Argentel *et al.* (2009), trabalhando com a variedade de trigo CUBA-C-204, também verificaram redução dos conteúdos de clorofila em função das concentrações crescentes de salinidade da água de irrigação.

De acordo com a equação de regressão obtida para a clorofila total, as reduções relativas foram de 62,65% entre S_5 e S_1, 46,25%, entre S_4 e S_1, 29,85% entre S_3 e S_1 e 13,45% entre S_2 e S_1 (Figura 20).

Figura 21. Clorofilas *a*, *b* e total das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

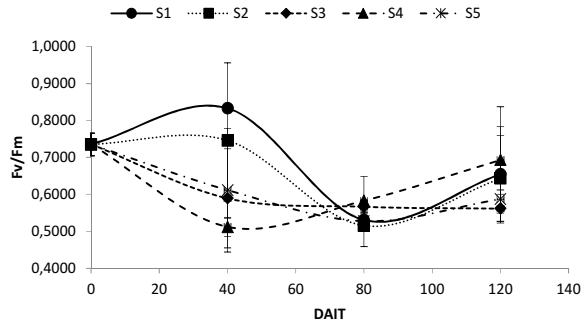
Conforme alguns autores (RAO; RAO, 1981; FLOWERS; YEO, 1986; APPELS; LAGUDAH, 1990), o estresse salino diminui o teor de clorofila total na planta devido ao aumento da atividade da enzima degradante da clorofila, a clorofilase, que, segundo Sing e Dubey (1995), tal enzima pode induzir a destruição da estrutura do cloroplasto e a instabilidade de complexos de pigmentos proteicos. Entretanto, conforme Silveira *et al.* (2010), a redução na biossíntese de clorofilas pode ser uma resposta aclimatativa ao estresse no sentido de economia de energia e menor captação de energia luminosa, para evitar estresse foto-oxidativo, e não um efeito danoso em si.

Resultados contraditórios foram encontrados por Graciano *et al.* (2011), trabalhando com a cultura do amendoinzeiro sob diferentes níveis de salinidade, onde o incremento de salinidade aumentou os conteúdos de clorofila. Segundo García-Valenzuela *et al*. (2005), o incremento nos teores de clorofila pode ser resultado do desenvolvimento do cloroplasto (aumento no número de tilacóides) ou do aumento no número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético.

4.1.2.3 Fluorescência da clorofila

Observando-se a evolução da eficiência fotoquímica potencial, verifica-se efeito da salinidade mais pronunciado somente aos 40 DAIT, com tendência de estabilização ao final do experimento (Figura 21).

Figura 22. Evolução da eficiência fotoquímica potencial da clorofila (Fv/Fm) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde, em função da salinidade da água de irrigação (S_1=0,9; S_2=5,0; S_3=10,0; S_4=15,0 e S_5=20,0 dS m^{-1}) durante o período experimental. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

Obs.: Barras verticais indicam o desvio padrão.

De acordo com a análise de variância, verificou-se efeito significativo para a eficiência fotoquímica somente aos 40 DAIT (Tabela 14).

Tabela 15. Resumo da análise de variância e da regressão para eficiência fotoquímica potencial da clorofila (Fv/Fm) aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) DAIT das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

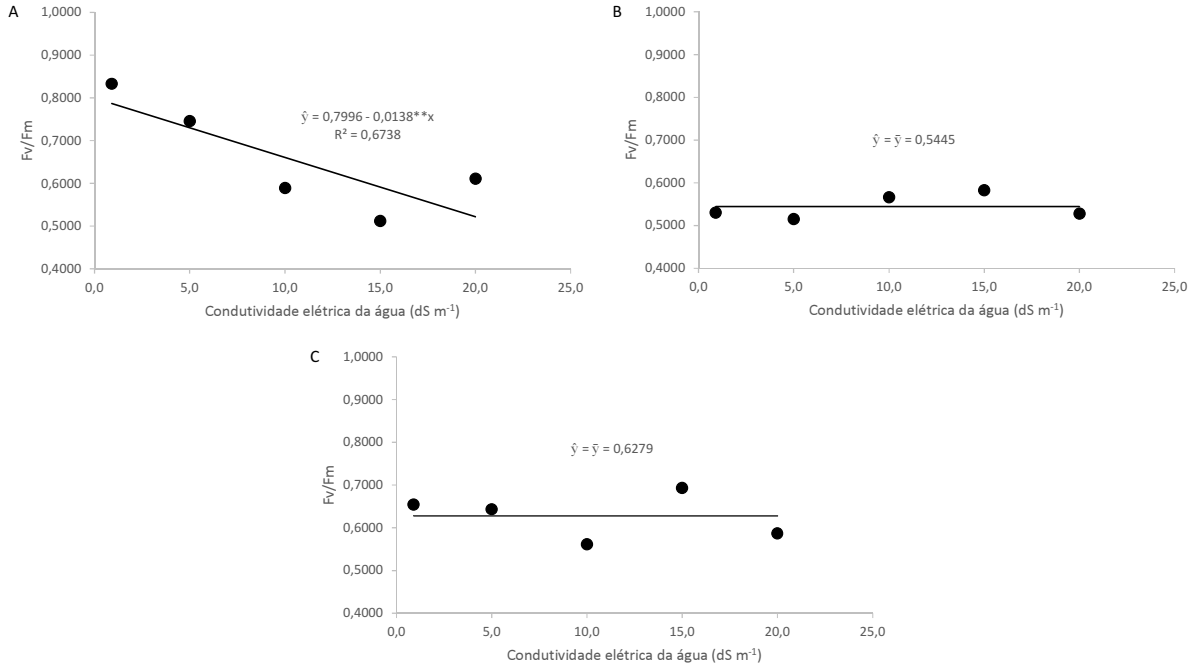
FV	GL	Quadrado Médio		
		40	80	120
Salinidade	4	0,06*	0,003^{ns}	0,01^{ns}
Reg. Linear	1	0,18**	-	-
Reg. Quadrática	1	0,07^{ns}	-	-
Reg. Cúbica	1	0,01^{ns}	-	-
Desv. Regressão	1	0,0001^{ns}	-	-
Resíduo	15	0,01	0,001	0,01
CV (%)		20,47	7,71	16,36
Condutividade elétrica (dS m^{-1})			Médias	
0,9		0,8330	0,5305	0,6545
5,0		0,7459	0,5153	0,6433
10,0		0,5893	0,5664	0,5614
15,0		0,5121	0,5826	0,6932
20,0		0,6112	0,5276	0,5870

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente (^{ns}) não significativo.

Aos 40 DAIT, os valores de Fv/Fm decresceram linearmente com o aumento da salinidade, sendo a redução relativa com o incremento unitário de condutividade elétrica em relação ao tratamento controle de 1,75%. Marinho *et al*. (2005), trabalhando com a cultura do coqueiro, não verificaram alterações significativas na eficiência do aparelho fotossintético. Outros autores também não verificaram diferenças significativas na eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII) trabalhando com culturas sob condições de salinidade (CORREIA *et al*., 2009; SOUZA *et al*., 2011).

Figura 23. Eficiência fotoquímica potencial (Fv/Fm) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 40 (A), 80 (B) e 120 (C) DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Contudo, Azevedo Neto *et al*. (2011), verificaram em genótipos de girassol que a Fv/Fm diminuiu significativamente, com redução média de 18% em relação ao controle. Conforme alguns autores (BROETTO; DUARTE; LÜTTGE, 2007; MATEOS-NARANJO, *et al.*, 2010), verifica-se alterações na composição e função do aparato fotossintético das plantas quando estas são submetidas ao estresse salino.

A razão Fv/Fm é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do PS2, quando todos os centros de reação do PS2 estão abertos (BAKER;

ROSENQVST, 2004). Essa relação tem sido utilizada para detectar perturbações no sistema fotossintético causada pelo estresse salino, visto que sua diminuição indica um declínio na eficiência fotoquímica do PS2 e um distúrbio ou dano no aparato fotossintético (BELKHODJA *et al*., 1994; PERCIVAL; FRASER, 2001; GLYNN *et al*., 2003).

4.1.2.4 Potencial hídrico foliar

Aos 120 DAIT, o potencial hídrico foliar (Ψ_{hf}) diminuiu linearmente e significativamente devido salinidade da água de irrigação (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância e da regressão para o potencial hídrico foliar (Ψ_{hf}) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio
Salinidade	4	0,73**
Reg. Linear	1	2,80**
Reg. Quadrática	1	0,03*
Reg. Cúbica	1	0,07**
Desv. Regressão	1	$0,007^{ns}$
Resíduo	15	0,003
CV (%)		7,03
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias (-MPa)
0,9		0,26
5,0		0,45
10,0		0,78
15,0		1,18
20,0		1,22

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

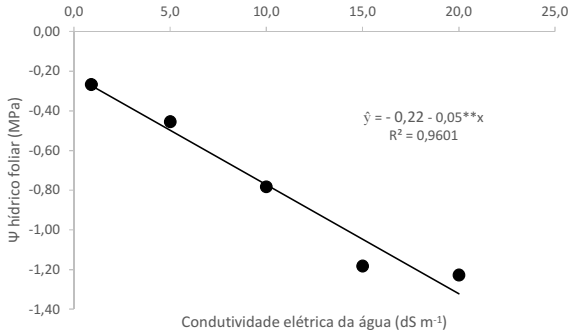
(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

De acordo com a equação de regressão obtida, houve um decréscimo relativo de 28,57% com o incremento unitário da condutividade elétrica da água (Figura 23). Marinho *et al.* (2005), verificaram respostas semelhantes onde o potencial hídrico foliar reduziu com o aumento da concentração salina da água de irrigação. Silva Junior, Passos e Gheyi. (2002) verificaram redução no potencial hídrico das folhas do coqueiro “Gigante do Brasil” quando

submetidos a aplicação e águas salinas na estação seca, porém, nos meses onde ocorreram maiores precipitações pluviométricas, não registraram diferenças entre os tratamentos.

Conforme Marinho *et al*. (2005), pode-se verificar que o coqueiro dispõe de mecanismos (ajustamento osmótico, acúmulo de íons) que proporcionam absorção de água mesmo sob condições de elevada salinidade da água. As plantas cultivadas sob estresse salino acumulam osmolitos que, por sua vez, reduzem o potencial osmótico celular e garantem a absorção contínua de água e manutenção do turgor celular (BLUM, 1996).

Figura 24. Potencial hídrico foliar (Ψ_{hf}) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 (C) DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Com a equação de regressão obtida, verifica-se que a salinidade de 20,0 dS m^{-1} reduziu o potencial hídrico foliar das mudas de coqueiro em mais de 400%, onde esta redução influenciou consideravelmente no crescimento das plantas. Conforme visto no item *4.1.1.1*, a área foliar (AF) foi reduzida em mais de 70%, seguida da variável altura (H), em 40% e menos influenciado, o diâmetro, com redução de 33% quando irrigado com água de salinidade igual a 20,0 dS m^{-1} havendo uma influência direta do potencial hídrico foliar com a redução destas variáveis.

Um dos efeitos iniciais da salinidade em vegetais é a diminuição da absorção de água (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010). Com isso, o turgor nas células vegetais é reduzido, onde o potencial hídrico foliar está diretamente relacionado com esta diminuição, logo, ocorre também diminuição na taxa de expansão foliar e consequentemente a área foliar das mudas de coqueiro e reduzida assim como os demais parâmetros de crescimento.

4.1.3 Variáveis bioquímicas

4.1.3.1 Solutos inorgânicos

Com relação aos teores, a irrigação das mudas de coqueiro com água salina provocou efeito significativo, aos 120 DAIT, em todos os íons estudados na parte aérea e raízes (Tabela 17).

Tabela 17. Resumo da análise de variância e da regressão para os teores de K^+, Na^+ e Cl^- na parte aérea e nas raízes, aos 120 DAIT, das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Parte Aérea			Raíz		
		K^+	Na^+	Cl^-	K^+	Na^+	Cl^-
Salinidade	4	14,37**	9,87*	454,07**	66,55**	500,86**	114,37*
Reg. Linear	1	14,16**	$0,71^{ns}$	1631,13**	205,38**	1912,27**	344.49**
Reg. Quadrática	1	27,61**	25,26**	182,73**	$24,78^{ns}$	$60,67^{ns}$	$76,49^{ns}$
Reg. Cúbica	1	9,70**	13,41**	$2,34^{ns}$	$21,22^{ns}$	$0,14^{ns}$	$5,00^{ns}$
Desv. Regressão	1	6,03*	$0,11^{ns}$	$0,08^{ns}$	$14,84^{ns}$	$30,34^{ns}$	$31,50^{ns}$
Resíduo	15	1,07	1,50	15,56	10,13	26,13	26,01
CV (%)		7,22	9,49	11,92	14,19	13,05	14,47
Cond. elétrica (dS m^{-1})		Médias (g kg^{-1} MS)					
0,9		15,31	10,67	17,00	28,63	23,31	27,25
5,0		11,56	14,50	28,00	23,96	34,08	33,75
10,0		13,59	14,33	36,75	19,63	39,15	35,50
15,0		14,54	12,75	41,00	21,74	48,40	41,50
20,0		16,60	12,39	42,75	18,25	50,93	38,25

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Aos 120 DAIT, a irrigação com águas salinas provocou efeito significativo nos os conteúdos de íons inorgânicos na parte aérea e nas raízes das mudas de coqueiro, exceto para cloreto (Cl^-) nas raízes (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo da análise de variância e da regressão para os conteúdos de K^+, Na^+ e Cl^- na parte aérea e nas raízes, aos 120 DAIT das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Parte Aérea			Raíz		
		K^+	Na^+	Cl^-	K^+	Na^+	Cl^-
Salinidade	4	2,46**	2,00**	2,94*	0,06**	0,08**	$0,007^{ns}$
Reg. Linear	1	7,89**	6,89**	$1,10^{ns}$	0,20**	0,31**	-
Reg. Quadrática	1	1,58**	$0,15^{ns}$	8,90**	$0,02^{ns}$	$0,002^{ns}$	-
Reg. Cúbica	1	$0,34^{ns}$	0,80**	$1,24^{ns}$	$0,01^{ns}$	$0,001^{ns}$	-
Desv. Regressão	1	$0,04^{ns}$	$0,16^{ns}$	$0,52^{ns}$	$0,002^{ns}$	$0,003^{ns}$	-
Resíduo	15	0,09	0,07	0,76	0,008	0,01	0,02
CV (%)		14,52	13,24	19,63	22,78	17,87	22,84
Cond. elétrica (dS m^{-1})		Médias (g $planta^{-1}$)					
0,9		3,45	2,47	3,74	0,59	0,48	0,56
5,0		2,25	2,83	5,47	0,43	0,62	0,60
10,0		1,86	1,98	5,08	0,34	0,67	0,61
15,0		1,64	1,42	4,56	0,35	0,78	0,67
20,0		1,49	1,13	3,46	0,26	0,85	0,57

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

O conteúdo de potássio nas mudas apresentou resposta quadrática para parte aérea e resposta linear nas raízes (Figuras 25A e 25B, respectivamente), linear para parte aérea e raízes com relação ao sódio (Figuras 25C e 26D, respectivamente) e resposta quadrática para os conteúdos de cloreto na parte aérea (Figura 25E) com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Em relação aos teores, o potássio apresentou uma resposta quadrática para a parte aérea e decresceu linearmente nas raízes (Figuras 25A e 25B, respectivamente). O sódio também apresentou resposta quadrática para a parte aérea, enquanto que para as raízes, a resposta foi linear (Figuras 25C e 26D, respectivamente). Em relação ao cloreto, houve uma resposta quadrática para a parte aérea das mudas de coqueiro enquanto que para as raízes, a resposta foi linear (Figuras 25E e 25F, respectivamente).

Houve redução na concentração de K^+ quando aplicado água de CEa=5,0 dS m^{-1} e a partir deste nível com o aumento da salinidade, houve aumento nas concentrações deste íon

na parte aérea. Em relação ao Na^+, houve uma resposta antagônica em relação ao K^+, onde a irrigação com água de 5,0 dS m^{-1} elevou os teores de Na^+ na parte aérea e a partir deste nível os teores decresceram com o aumento da salinidade, verificando uma competição iônica entre esses elementos no crescimento inicial das mudas de coqueiro aos 120 DAIT.

O aumento nos teores de potássio de K^+ em relação ao Na^+ na parte aérea com o aumento da salinidade da água de irrigação a partir da irrigação com água de 5,0 dS m^{-1} pode indicar um possível mecanismo de extrusão (*excluders*) de íons sódio nas folhas, ou mesmo, a compartimentalização deste em outros tecidos, como pecíolo e ráquis, visto que, mesmo irrigando as mudas de coqueiro com altos níveis de salinidade da água de irrigação (20,0 dS m^{-1}), não foi verificado efeito visual de toxidez pelo Na^+ no período estudado.

Marinho (2002), estudando o efeito da irrigação com águas salinas no coqueiro anão, considerou que houve uma estabilização dos teores de sódio a partir da irrigação com água de salinidade de 5,0 dS m^{-1} por verificar que não houve aumento proporcional a elevação deste elemento com o aumento da salinidade da água de irrigação, indicando haver um limite no acúmulo deste íon na parte aérea com o aumento da salinidade. Fato este verificado no presente estudo, corroborando assim aos resultados encontrados por esse autor.

Ferreira Neto *et al.* (2007), estudando o efeito da irrigação com água salinas em coqueiro anão em fase inicial de produção (3,5 anos), observaram efeito contrário aos do presente estudo quanto a acumulação desses elementos, onde constataram aumento do Na^+ e redução do K^+, verificando competição iônica entre esses elementos nas folhas.

Com relação ao Cl^-, houve uma elevada absorção deste elemento pelas mudas de coqueiro (variando de 17 a 42 g kg^{-1} de MS para S_1 a S_5, respectivamente), fato também observado por Ferreira Neto *et al.* (2007), onde tal acumulação é explicada pelas altas concentrações deste íon na solução do solo, uma vez que, a própria composição da água de irrigação continha elevada concentração deste elemento (S_5 = 189 $mmol_c$ L^{-1}), ou seja, 23 vezes mais cloreto que o tratamento controle.

Conforme Uexkull (1972) e Marschner (1995), o cloreto está diretamente envolvido na abertura e no fechamento dos estômatos, regulação osmótica da planta, tendo também função na fotossíntese. Uexkull (1972) descreve que o nível ótimo de cloreto na folha do coqueiro adulto provavelmente se situa em torno de 4,5 g kg^{-1} e que o valor crítico é de 2,5 g kg^{-1}.

Pelo fato de não se ter uma faixa adequada para valores ótimo e crítico do teor de Cl^- para o coqueiro em fase de viveiramento, e considerando os valores descritos por Uexkull

(1972) para o coqueiro em fase adulta, verifica-se que a própria água da irrigação supre as necessidades deste elemento, onde a absorção do Cl^- no nível mais salino foi nove vezes maior que ótimo descrito por Uexkull (1972) e, mesmo a elevada absorção deste elemento pela parte aérea das mudas, não foi verificado sintomas de toxidez.

Conforme Trindade *et al*. (2005), a tolerância a salinidade da maioria das espécies vegetais, principalmente as glicófitas, pode estar relacionada a maior capacidade de retenção de íons e/ou compartimentalização intracelular.

O acúmulo de íons potencialmente tóxicos na parte aérea, notadamente como o Na^+ e o Cl^-, contribui para o aumento da suculência foliar, como visto anteriormente (Figura13B), fato também verificado por Trindade *et al*. (2005). Além disso, altas concentrações destes íons nos limbos foliares ou nas raízes parece estar relacionada com o aumento de alguns solutos orgânicos nestes mesmos órgãos.

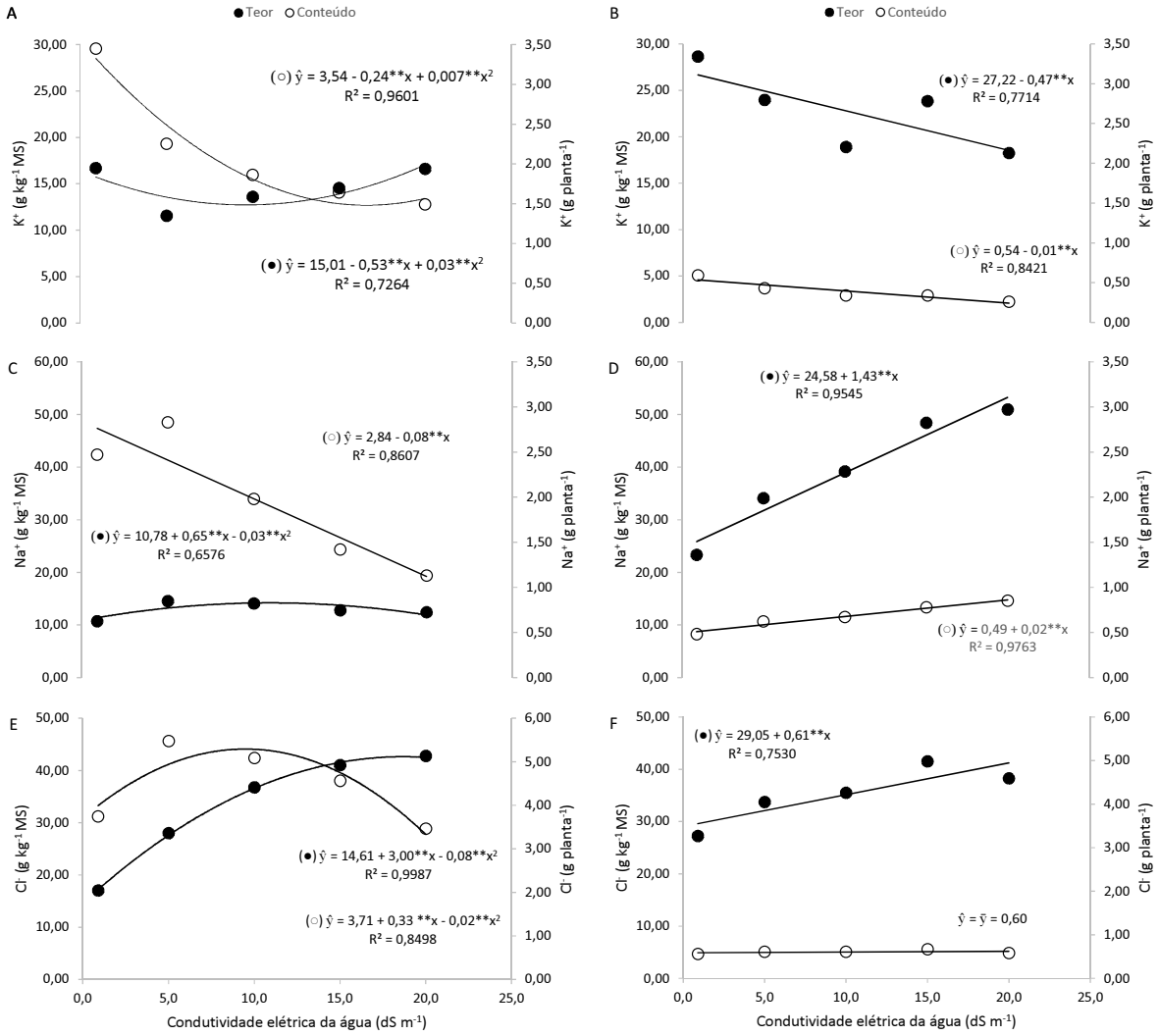
Nas raízes, os teores de K^+ decresceram linearmente (Figura 25B) enquanto que para o Na+ houve aumento linear proporcional ao aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 25C), diferentemente das respostas observadas para a parte aérea, verificando assim, uma competição iônica entre esses cátions nas raízes (Figuras 25A e 25B, respectivamente).

Diferente dos folíolos, as raízes é o primeiro órgão de contato com o solo e a solução deste, não havendo outra estrutura que possa compartimentalizar ou excluir íons tóxicos absorvidos, verificando maior quantidade de íons Na^+ absorvido em relação ao K^+ nas raízes, onde analogamente ao Cl^-, a maior concentração de Na^+ pode ser devido a maior acumulação deste íon no solo (concentrações variando de 0,38 a 7,78 $cmol_c\ kg^{-1}$ de solo para S_1 a S_5, respectivamente), comparado ao K^+ onde o máximo valor deste no solo foi de 0,22 $cmol_c\ kg^{-1}$.

Para teor Cl^-, o efeito da salinidade nas raízes foi diretamente proporcional ao aumento deste ânion, onde o aumento da salinidade da água de irrigação aumentou significativamente os teores de Cl^- (Figura 25F).

Para Trindade *et al*. (2005), o maior acúmulo de íons potencialmente tóxicos nos tecidos foliares de glicófitas, parece correlacionar-se com a sensibilidade ao estresse salino, o que sugere também para as raízes das mudas de coquieiro como verificado no presente estudo.

Figura 25. Teores e conteúdos de K^+ (A, parte aérea; B, raíz), Na^+ (C, parte aérea; D, raíz) e Cl^- (E, parte aérea; F, raíz) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

4.1.3.2 Solutos orgânicos

Aos 120 DIAT, foi verificado efeito significativo da salinidade para todos os solutos orgânicos estudados, tanto na raíz, como nos folíolos.

Várias pesquisas têm demonstrado, ao longo do tempo, a alteração nos conteúdos de alguns solutos orgânicos com o estresse salino imposto (LACERDA *et al.*, 2002; TRINDADE *et al.*, 2005; LACERDA *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2011; CUNHA *et al.*, 2013). Conforme Prisco e Gomes-Filho (2010), o acúmulo de solutos orgânicos (p. ex.,

prolina, N-aminossolúveis, proteínas, carboidratos etc.) no citosol está relacionado à manutenção do gradiente do potencial hídrico ($\Delta\Psi_w$) e, consequentemente, ao ajuste osmótico pois tais solutos não inibem o metabolismo das plantas, sendo portanto compatíveis, ao contrário da presença de íons inorgânicos potencialmente tóxicos como Na^+ e Cl^-, onde estes, quando no citosol, podem inibir a ação de enzimas envolvidas no metabolismo, e, ao se acumularem excessivamente nos vacúolos, diminuem o potencial osmótico nesta estrutura celular fazendo com que haja desidratação no citosol.

Conforme discutido no item *4.1.3.2*, o aumento de solutos orgânicos no citosol também está associado ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos. Conforme Lacerda *et al*. (2002), o acúmulo de prolina parece ser uma reação aos danos causados pelo estresse salino e não uma resposta da planta associada à tolerância ao sal. Já Praxedes *et al*. (2009), sugerem que o aumento no acúmulo de prolina seja um mecanismo de proteção contra ao excesso de sais, ao trabalhar com a cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Tabela 19. Resumo da análise de variância e da regressão para os conteúdos de prolina, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis nas raízes e folíolos, respectivamente, aos 120 DAIT das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

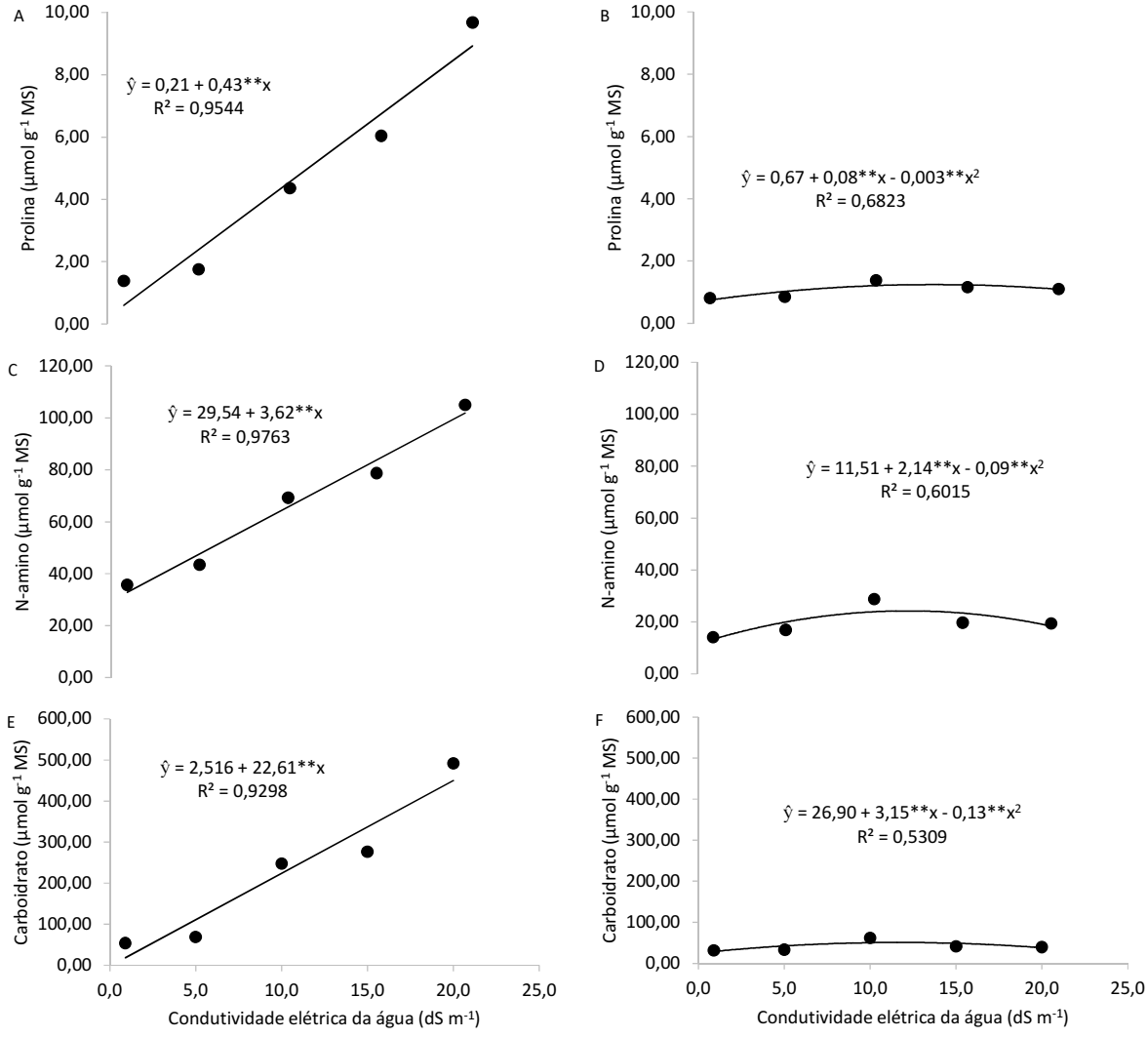
FV	GL	Quadrado Médio					
		Raíz			Folíolo		
		Prol.	N-ami.	Carb.	Prol.	N-ami.	Carb.
Salinidade	4	46,34**	3119,17**	127972,43**	0,22**	122,36**	313,30**
Reg. Linear	1	176,91**	12181,12**	475964,01**	0,30**	64,97**	193,74*
Reg. Quadrática	1	6,45^{ns}	52,28^{ns}	12041,95**	0,30**	229,52**	471,65**
Reg. Cúbica	1	0,00008^{ns}	2,74^{ns}	767,68^{ns}	0,01^{ns}	3,05*	0,03^{ns}
Desv. Regressão	1	1,98^{ns}	240,55*	23116,06**	0,27**	191,88**	587,78**
Resíduo	15	6,45	51,47	1162,15	0,02	0,35	36,79
CV (%)		54,61	10,81	14,97	15,58	3,02	15,32
Cond.elétrica (dS m^{-1})		Médias (µmol g^{-1} MS)					
0,9		1,39	35,64	53,90	0,81	17,22	31,58
5,0		1,76	43,39	68,59	0,85	16,92	33,09
10,0		4,36	69,22	247,68	1,39	28,86	53,97
15,0		6,06	78,67	276,77	1,16	19,23	39,70
20,0		9,68	104,93	491,60	1,10	19,41	39.61

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Nas raízes, a síntese de prolina, N-amino e carboidratos solúveis foi refletida linearmente e proporcionalmente ao aumento da salinidade (Figuras 25 A, 25C e 25 E, respectivamente), enquanto que para os folíolos (limbos foliares), a resposta foi quadrática. Contudo, tal acúmulo desses solutos pode, juntamente como outros fatores já vistos (aumento da suculência foliar, fechamento mais rápido dos estômatos, possível extrusão de íons tóxicos, etc), refletir na tolerância desta espécie aos altos níveis de salinidade impostos durante este trabalho.

Figura 26. Teores de prolina (A, raízes e B, folíolos), N-aminossolúveis (C, raízes e D, folíolos) e carboidratos solúveis (E, raízes e F, folíolos) das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Os solutos orgânicos estudados foram elevados significativamente nas raízes, fato não observado para os folíolos, onde para este último, há elevação dos teores dos solutos estudados até o nível S_3 (CEa = 10,0 dS m^{-1}), e a partir deste, há redução nos teores de solutos orgânicos (prolina, N-aminossolúveis e carboidratos) com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Considerando as respostas observadas para os teores de Na^+ e Cl^- na parte aérea das mudas de coqueiro, verifica-se mesma resposta quadrática para os solutos orgânicos nos folíolos. Fato este que, sugere que a elevação dos teores de solutos orgânicos nos folíolos está associada aos aumentos das concentrações de elementos potencialmente tóxicos, como o Na^+ e o Cl^-, independente da essencialidade do íon cloreto para o coqueiro, corroborando assim com o descrito por Prisco e Gomes-Filho (2010) e Trindade *et al*. (2005).

Considerando a variação das concentrações de N-aminossolúveis e carboidratos nas raízes das mudas de coqueiro, comparado aos teores de prolina, sugere que, apesar da resposta linear significativa, o aumento nos teores de prolina não esteja diretamente associado a tolerância à salinidade e sim, a uma resposta aclimatativa ao estresse imposto, aumentando seus teores para que haja um ajustamento osmótico nas células, ou seja, uma tentativa de combater os danos causados pelo o estresse salino, uma vez que, esta variação foi da ordem de 8,29 µmol g^{-1} MS entre S1 e S5 enquanto que para o N-amino e carboidrato, esta variação foi de aproximadamente 70 e 438 µmol g^{-1} MS entre S1 e S5, respectivamente, corroborando com as respostas encontradas por Lacerda *et al*. (2002).

Contudo, a elevação desses solutos nas raízes, principalmente para o N-amino e carboidratos, com o aumento da salinidade da água de irrigação quando comparados aos valores observados nos folíolos, sugere que o principal mecanismo de tolerância ao estresse salino nas mudas de coqueiro se dá principalmente na raíz, pois é onde há o contato direto com a solução salina do solo, sendo portanto, o principal mecanismo de controle à salinidade.

4.1.4 Variáveis do substrato

4.1.4.1 Condutividade elétrica e pH

Verificou-se, aos 120 DAIT, efeito significativo da salinidade da água na $CE_{1:1}$ do substrato. Tal efeito se deu de forma linear com o aumento da salinidade da água. A salinidade não alterou o pH do solo (Tabela 23).

Tabela 20. Resumo da análise de variância e da regressão para a condutividade elétrica do substrato ($CE_{1:1}$) e pH cultivado com das mudas de coqueiro Anão cv. Anão Verde aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

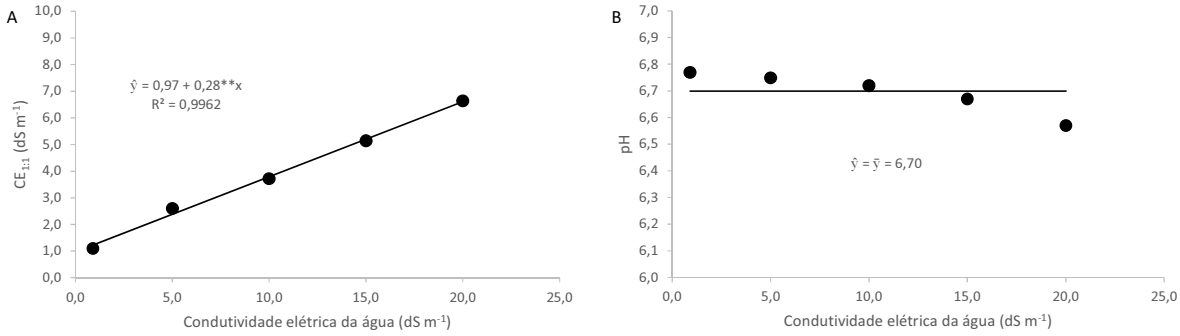
FV	GL	Quadrado Médio	
		$CE_{1:1}$	pH
Salinidade	4	18,58**	$0,02^{ns}$
Reg. Linear	1	74,04**	-
Reg. Quadrática	1	$0,006^{ns}$	-
Reg. Cúbica	1	$0,18^{ns}$	-
Desv. Regressão	1	$0,09^{ns}$	-
Resíduo	15	0,16	0,02
CV (%)		10,51	2,18
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias	
0,9		1,10	6,77
5,0		2,60	6,75
10,0		3,72	6,72
15,0		5,14	6,67
20,0		6,63	6,57

Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Provavelmente, o efeito acumulativo dos sais ao longo do tempo proporcionou maiores valores da CE do solo. Contudo, mesmo sob o efeito das frações de lixiviação (FL=0,20) ao longo de todo experimento, constatou-se aumento significativo da CE (Figura 28A).

Figura 27. Condutividade elétrica do substrato ($CE_{1:1}$) (A) e pH (B) aos 120DAIT, respectivamente, em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

4.1.4.2 Bases trocáveis do substrato

O efeito da salinidade interferiu significativamente somente para o sódio trocável (Tabela 20), enquanto que para o cálcio, magnésio e o potássio, não foi observado resposta significativa com os tratamentos imposto. Com relação ao elemento Na^+, foi verificado uma resposta linear e proporcional com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 30C) no substrato utilizado no acondicionamento das mudas.

Tabela 21. Resumo da análise de variância e da regressão para teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} e K^{+} aos 120 DAIT e as respectivas médias observadas em função da salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará. 2013.

FV	GL	Quadrado Médio			
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}
Salinidade	4	$0,44^{ns}$	$1,57^{ns}$	36,13**	$0,001^{ns}$
Reg. Linear	1	-	-	143,51**	-
Reg. Quadrática	1	-	-	$0,92^{ns}$	-
Reg. Cúbica	1	-	-	$0,09^{ns}$	-
Desv. Regressão	1	-	-	$0,001^{ns}$	-
Resíduo	15	0,72	0,69	0,44	0,001
CV (%)		15,37	20,77	18,06	17,46
Condutividade elétrica (dS m^{-1})		Médias ($cmol_c$ kg^{-1})			
0,9		5,95	3,15	0,38	0,20
5,0		5,10	3,95	1,47	0,16
10,0		5,37	4,82	3,38	0,22
15,0		5,55	3,77	5,54	0,19
20,0		5,77	4,35	7,78	0,18

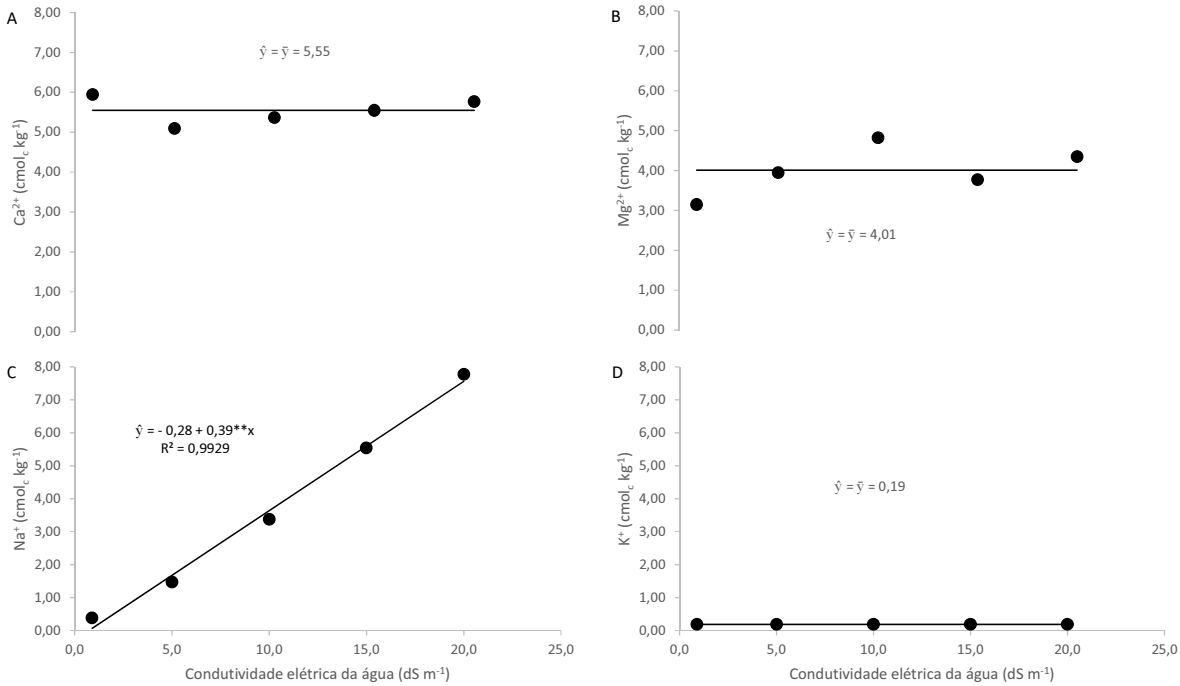
Fonte: Lima, 2013.

(**), (*) significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Verifica-se para o Ca^{+}, que este elemento não sofreu alterações ao final do experimento. Contudo, as elevadas concentrações de sódio presentes na água de irrigação, devem ter contribuído para o efeito não significativo do cálcio, uma vez que, quando em altas concentrações no substrato, o sódio prende-se a micela deste, deslocando o cálcio trocável devido ao seu maior raio de hidratação.

Uma vez deslocado e na solução do solo, os cátions de cálcio são lixiviados com as irrigações. Verifica-se, também que 20% da composição das águas salinas são constituídas de cloreto de cálcio, contribuindo para a adição de cálcio no solo. A composição da água contém, em média, 70% de NaCl. Logo, ao longo das irrigações, provavelmente o sódio contido nas águas de irrigação acumulou-se no substrato, substituindo o cálcio na micela das partículas deste, fazendo com que o cálcio tenha sido lixiviado para a região abaixo da zona radicular das mudas de coqueiro.

Figura 28. Teores de Ca^{2+} (A), Mg^{2+} (B), Na^{+} (C) e K^{+} (D) do solo aos 120 DAIT da irrigação com águas salinas, respectivamente. Fortaleza, Ceará. 2013.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

5 CONCLUSÕES

Os dados de crescimento e das variáveis fisiológicas (taxa de fotossíntese, teor de clorofila e potencial hídrico) indicam que o coqueiro e tolerante a salinidade da agua de irrigação de 5 dS m^{-1} durante a fase de produção das mudas.

A retenção de íons potencialmente tóxicos e os elevados teores de solutos orgânicos nas raízes, em relação aos folíolos, indicam que as raízes desempenham importante papel no mecanismo de tolerância do coqueiro aos níveis elevados de salinidade.

Os resultados permitem inferir sobre a possibilidade de uso de agua salobra com CEa até 5 dS m^{-1} para produção de mudas de coqueiro anão, sem que haja perda na qualidade das mudas, não afetando o padrão destas na fase de viveiramento. Portanto, o estudo revela uma alternativa de uso de água salobra promovendo uma economia de 100% de água potável com qualidade para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. V. *et al*. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Rev. Cienc. Agron**., v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.

APPELS, A.; LAGUDAH, H. E. Manipulation of chromosomal segments from wild wheat for the improvement of bread wheat. **Aust. J. Plant Physiol.**, v. 17, n. 3, p. 253-266, 1990.

ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. 1994, 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. *In*. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas:** estudos e aplicações. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. Cap. 2, p. 29-43.

ARGENTEL, L.; LÓPEZ, D. R.; GONZÁLEZ, L. M.; LOPÉZ, R. C.; GÓMEZ, E.; GIRÓN, R.; FONSECA, I. Contenido de clorofila e iones en la variedad de trigo harinero cuba-c-204 en condiciones de estrés salino. **Cultivos Tropicales.** v. 30, n. 4. p. 32-37, 2009.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenolxidase in *Beta vulgares.* **Plant Physiology**., v. 24, p. 1-15, 1949.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3 p. 702-713, 2007.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. de H. R. GHEYI, J. F. de MEDEIROS, F. A. V. DAMASCENO. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

AZEVEDO NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Rev. Ciênc. Agron**., v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 02, p. 205-207, 1973.

BELKHODJA, R. *et al*. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.).**Plant Physiology**, v. 104, n. 02, p. 667-673, 1994.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, suplemento, p.90-94, 2005.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. **Plant Growth Regul**, 20, p. 135-148. 1996.

BROETT, F.; DUARTE, H. M.; LÜTTGE, U. Responses of chlorophyll fluorescense parameters of the facultative halophyte and C_3-CAM intermediate species *Mesembryanthemum crysttalinum* to salinity and high irridiance stress. **Plant Physiology**, v. 164, p. 904-912, 2007.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2008. 72 p.

CAMBOIN NETO, L. F. **Coqueiro Anão verde:** influência de diferentes lâminas de irrigação e de porcentagens de área molhada no desenvolvimento, na produção e nos

parâmetros físico-químicos do fruto**.** 2002. 121 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; VIANA, S. B. A. Salt tolerance of precocious-dwarf cashew rootstocks – physiological and growth indexes. **Sci. Agric.** v. 61, n. 1, p. 9-16, 2004.

CHARTZOULAKIS, K.; PSARRAS, G.; VEMMOS, S.; LOUPASSAKI, M.; BERTAKI, M. Response of two olive cultivars to salt stress and potassium supplement. **Journal of Plant Nutrition**, v. 19, p. 2063-2078, 2006.

CHILD, R. **Coconuts**, 2. ed. London: Longman. 1974. 335 p.

CORREIA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. v.2. 1931. 707 p.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila *a* em amendoim sob condições de salinidade**. Rev. Cienc. Agron.** v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.

COSTA, R. G.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. **Aplicação de água salina na irrigação de plantas jovens do coqueiro (*Cocos nucifera* L.)**. Aracaju: Embrapa-CNPCo. 1986. 5 p. (Pesquisa em Andamento n º 37).

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inogârnicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos a salinidade. **Revista Brasileira de Botânca**, v. 26, n. 3, p. 289-297, 2003.

COSTA, E. G.; CARNEIRO, P. T.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento inicialdo maracujazeiro amarelo sob diferentestipos e níveis de salinidade da água de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 9, suplemento, p. 242-247, 2005.

CUENCA, M. A. G. Importância econômica do coqueiro. *In*: FERREIRA, J. M. S; WARWICK, D. R. N; SIQUEIRA, L. A. (Org.). **A cultura do coqueiro no Brasil.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1997. Cap. 2, p. 65-71.

CUNHA, P. C.; MENDES, B. S. S.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. G.; WILLADINO, L. G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-manso sob estresse salino**. Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 46–52, 2013.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura:** estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. Cap. 9, p. 129-141.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.

DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C.; MARTINEZ, C. A. Efecção de condições de estresse em plantas e potencial para “screening” em milho através da fluorescência da clorofila. In: 45 ªReunião Técnica Anual do Milho e 28 ªReunião Técnica Anual do Sorgo, 2000. Pelotas –RS. **Anais**, (Embrapa Clima Temperado, Documento 70).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivo do coqueiro em Rondônia**. Porto Velho: CPAFRO, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/CultivodoCoqueiroRO/mudas.htm>. Acesso em: 20 jan. 2014.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat**. 2012. Disponível em: < http://faostat3.fao.org/faostat-ateway/go/to/download/Q/*/E >, Acesso em 12 mar. 2013.

FERREIRA NETO, M. D**esenvolvimento e produção do coqueiro sob diferentes salinidades de água de irrigação**. 2001. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina grande, 2001.

FERREIRA NETO, M. *et al.* Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1675-1681, 2007.

FERREIRA NETO, M. *et al.* Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. v. 6, n. 1, p. 69-75, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FLOWERS, T. J.; YEO, A. R. Ion relations of plants under drought and salinity. **Australian Journal of Scientific Research,** vol. 75, p. 91, 1986.

FONTES, H. R.; CINTRA, F. L. D.; CARVALHO FILHO, O. M. Implantação e manejo da cultura do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S; WARWICK, D.R.N; SIQUEIRA, L.A. **A cultura do coqueiro no Brasil.** Brasília: Embrapa-SPU; Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997. cap 5, p. 99-71.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2002. 65 p. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de Produção, 01).

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Novos cenários para a cultura do coqueiro gigante no Brasil**. 2010. Disponível em: <www.agrosoft.org.br/agropag/212960. htm>. Acesso em: 04 mar. 2010.

FRÉDMOND, Y; ZILLER, R.; LAMOTHE, M. N. **Le cocotier.** Paris: Maisonneuve & Larose. 1966. 267 p.

FRÉDMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, M. N de. **El cocotero:** técnicas agrícolas y producciones tropicales**.** Barcelona: Editorial Blume. 1975. 236 p.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina**: **Ciências Agrárias,** v. 31, suplemento, p. 1133-1144, 2010.

GARCÍA-VALENZUELA, A. *et al*. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyllic cells. **Journal of Plant Physiology,** v. 162, n. 6, p. 650-656, 2005.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 02, p. 61-65, 2003.

GOMEZ, S. R.; WHARMBY, C.; CASTILLO, J. M.; NARANJO, E. M.; LUQUE, C. J.; DE-CIRES, A.; LUQUE, T.; DAVY, A. J.; FUGUEROA, M. E. Growth and photosynthetic responses to salinity in an extreme halophyte, *Sarcocornia fruticosa*. **Physiologia Plantarum**, v. 128, n. 1, p. 116-124, 2006.

GRACIANO, E. S. A; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoin BR 1 sob condições de salinidade. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 794-800, 2011.

GREENWAY, H.; MUNNS, H. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophyte. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149-190, 1980.

HOLANDA, J. S. *et al*. **Tecnologias para a produção intensiva de coco Anão verde**. Natal: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2007. 40 p. (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Boletim de Pesquisa, 34).

HOLANDA, J. S.; ALVES, M. C. S.; CHAGAS, M. C. M. **Cultivo do coqueiro no Rio Grande do Norte**. Natal, RN: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2009. 47 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, v. 39, p. 1-101, 2012.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal: Paraipaba**. 2009. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2013.

IYENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. **Photosynthesis in highly salt tolerant plants**. *In*: Pesserkali, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. Marshal Dekar, Baten Rose, 1996. p. 897-909.

JAMIL, M.; REHMAN, S. U.; LEE, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Sci. Agric.,** v. 64, n. 2, p. 111-118, 2007.

KHOSRAVINEJAD, F.; HEYDARY, R.; FARBOODNIA, T. Effects of salinity on photosynthetic pigments, respiration, and water content in two barley varieties. **Pak. J. Biol. Sci.** v. 20, n. 11, p. 2438-2442, 2008.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils.** San Diego: Academic Press. 1995. 495p.

KULKARNI, D. S.; SARANAMATH, P. A.; SHANTHAPPA, P. B. Preliminary studies on quality of underground waters on growth and yield of coconut (*Cocos nucifera*). **Journal of Agricultural Science**, v. 7, p.122-124, 1973.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (Vigna unguiculata (L.) Walp.) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos**. (Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas)). Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 1995. 87 p.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leafdevelopment in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany,** v. 49, p. 107-120, 2002.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para o uso de água salina na agricultura. *In*: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura:** estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. Cap. 17, p. 304-317.

LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; NEVES, A. L. R.; SILVA, F. L. B.; GHEYI, H. R.; NESS, R. L. L.; GOMES-FILHO, E. Influence of plant spacing and irrigation water quality on a cowpea-maize cropping system. **Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.,** v. 1, n. 5, p. 163-171, 2011.

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. **Plant responses to saline and sodic conditions**. In: Tanji, K. K. (ed.). Agricultural salinity assessmentand management. New York: ASCE. 1990. cap. 6. p.113-137.

LONGSTRETH, D. J.; NOBEL, P. S. Salinity effects on leaf anatomy. **Plant Physiology**, v. 63, p. 700-703, 1979.

LONGSTRETH, D. J.; BOLAÑOS, J. A. SMITH, J. E. Salinity effects on photosynthesis and growth in *Alternanthera philoxenoides* (Mart.) Griseb. Plant Physiology, v. 75, p. 1044-1047, 1984.

LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil:** exóticas e nativas. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, 1996. 303 p.

MACHADO FILHO, J. A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em condições de campo. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 185-196, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: Princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology,** v. 42, n. 1, p. 9-14, 1999.

MARINHO, F. J. L. **Germinação, crescimento, e desenvolvimento do coqueiro Anão Verde sob estresse salino**. 2002. 196 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.

MARINHO, F. J. L. *et al.* Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, suplemento, 2005.

MARINHO, F. J. L. *et al.* Uso de água salina na irrigação do coqueiro (*Cocus nucifera* L.). **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, suplemento, 2005a.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 334-340, 2005b.

MARINHO, F. J. L. *et al.* Cultivo de coco 'Anão Verde' irrigado com águas salinas**. Pesq. Agropec. Bras**., v.41, n.8, p.1277-1284, 2006.

MARSCHENER, H. **Mineral nutricion of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press,. 1995. 888p.

MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional – Panorama 2010**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 32 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164).

MATEOS-NARANJO, E.; REDONDO-GOMÉZ, S.; ANDRADES-MORENO, L; DAVY, A. J. Growt and photosynthetic responses of the cordgrass *Spartina maritine* to CO_2 enrichment and salinity. **Chemosphere**, v. 81, p. 725-731, 2010.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande:UFPB, 1992.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para a irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. *In*: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura:** estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. Cap. 16, p. 279-302.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, F. R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga,** v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011**.**

MENON, K. P. V.; PANDALAI, K. M. **The coconut palm:** Monograph. Ernakulam: Indian Central Coconut Committee. 1958. 384 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Grupo de Trabalho Interministerial – GTI. Brasília, 2005. 35 p.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 13, n. 1, p. 143-160, 1986.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M. PARDO, J. M. Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plant Physiology**, v. 109, p. 735-742, 1995.

OCHS, R. Les contraintes écologiques du développment dês oléagineux perenes (pamier et cocotier) em Afrique Occidentale et Centrale. **Oléagineux**, v. 32. n. 11, p. 461-477, 1977.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-16, 2010.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição de águas pelas atividades agrícolas**. Trad. de H. R. GHEYI, F. A. V. DAMASCENO, L. T. L. BRITO. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2001. 92 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 58).

OTTOW, E. A.; BRINKER, M.; TEICHMANN, T.; FRITZ, E.; KAISER, W.; BROSCHE, M.; KANGASJARVI, J; JIANG, X.; POLLE, A. *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress. **Plant Physiology,** v. 139, n. 4, p. 1762-1772, 2005.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Brugruiera parviflora*, **Trees: Structure and Function**, v. 18, p. 167-174, 2004.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, p. 324-349, 2005.

PASSOS, E. E. M.; SILVA, J. V. Determinação do estado hídrico do coqueiro através do método dendométrico. **Oléagineux**, v. 46, n. 6, p. 233-238, 1991.

PASSOS, E. E. M. Morfologia do coqueiro. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. rev. e ampl. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1998a. Cap. 2, p. 57-64.

PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. rev. e ampl. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1998b. Cap. 3, p. 65-72.

PERCIVAL, G. C.; FRASER, G. A. Measurement of the salinity and freezing tolerance of Crataegus genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal Arboriculture**, v. 27, n.5, p.233–245, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009. 451 p.

PORTO FILHO, F.Q. **Rendimento e qualidade do melão em função do nível e da época de aplicação de águas salinas**. 2003. 133 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

PORTO FILHO, F. Q; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; MATOS, J. A.; SOUZA, E. R.; SOUSA NETO, E. R. Crescimento do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Horticultura Brasileira,** v. 24, n. 3, p. 334-341, 2006.

PRAXEDES, S. C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em dois cultivares de feijão-de-corda com tolerância diferencial à salinidade**. 2008. 145 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 211-214, 2009.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino. *In*: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura:** estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. Cap. 10, p. 143-159.

RAO, G. G.; RAO, G. R. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (Cajanus indicus Spreng) & Gingelley (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.19, p.768-770, 1981.

REMISON, S. U.; IREMIREM, G. O. Effect of salinity on the performance of coconut seedlings in two contrasting soils. **Cocos**, v. 8, p. 33-39, 1990.

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas na produção agrícola**. Trad. de H. R. GHEYI, J. R. de SOUZA, J. E. QUEIROZ. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook, 60).

ROBINSON, M. F. VÉRY, A. A.; SANDERS, D.; MANSDFIELD, T. A. How can stomata contribute to salt tolerance? **Annals of Botany**, v. 80, p. 387-393, 1997.

SCHOLANDER, P. F. *et al*. A. Sap pressure in vascular plants. **Science,** v. 148, p. 339-346, 1965.

SEEMANN, J. R.; CHRITCHLEY, C. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. **Planta**, v. 164, p. 151-162, 1985.

SILVA, S. M. S. *et al*. Desenvolvimento e produção de duas cultivaresde mamoneira sob estresse salino.**R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.4, p. 335-342, 2008.

SILVA JUNIOR, C. D.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.6, n.1, p. 39-44, 2002.

SILVEIRA, J. A. G. *et al*. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura:** estudos básicos e aplicados. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal: Fortaleza, 2010. Cap. 11, p. 161-180.

SINGH, A.K.; DUBEY, R.S. Changes in chlorophyll *a* and *b* contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. **Photosynthetica**, v. 31, p. 489-499, 1995.

SIQUEIRA, E. R. *et al.* Melhoramento genético do coqueiro. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. rev. e ampl. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1998. Cap. 4, p. 73-98.

SOUSA, C. H. C. **Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão de corda e algodão**. 2007. 73 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1995.

SOUSA, R. A. **Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba.** 2006. 88 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupisubmetido à salinidade. **Pesq. Agropec. Bras**., v. 46, n. 6, p.586-592, 2011.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@mbiente,** v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre:Artmed, 2009. 719p.

TESTER, M; DAVENPORT, R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimatação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental.** v. 10, n. 4, p. 804-810, 2005.

UEXKULL, H. R von. Response of coconut to (potassium) chloride in the Philippines. **Oléagineux**, v. 27, n. 1, p. 13-19,1972.

WATANABE, K.; TSUCHIYA, M; OGO, T. Growth responses of *Triticum* spp. and its allied plants to NaCl concentration in culture medium. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 61, n. 3, p. 518-526, 1992.

WIGHARAJAH, K.; JENNINGS, D. H; HANDLEY, J. F. The effect of salinity on growth of Phaseolus vulgaris L. anatomical changes in the first trifoliate leaf. **Annals of Botany**, v. 39, p. 1029-1038, 1975.

WUIDART, W.; NUCE de LAMOTHE, M. Germination des semences et développment des plants de cocotier en fonction de la position de la noix. **Oléagineux**, v. 36, n. 12, p. 599-602, 1981.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.