



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CULTIVO DE ACEROLEIRA ENXERTADA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

FRANCISCO WESLEY ALVES PINHEIRO

Campina Grande – PB
Fevereiro - 2018

FRANCISCO WESLEY ALVES PINHEIRO

Engenheiro Agrônomo

**CULTIVO DE ACEROLEIRA ENXERTADA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

ORIENTADORES: Prof^o Dr. Hans Raj Gheyi

Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande – PB
Fevereiro – 2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO WESLEY ALVES PINHEIRO

**CULTIVO DE ACEROLEIRA ENXERTADA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

BANCA EXAMINADORA

Dr. Hans Raj Gheyi – Orientador UAEAg/CTRN/UFCA

Dr. Geovani Soares de Lima – Orientador PNPd/CAPES/UFCA

Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares – Examinadora - UAEAg/CNPq/UFCA

Dr. Alberto Soares de Melo – Examinador Externo - UEPB

Campina Grande – PB
Fevereiro - 2018

MINHA HOMENAGEM

A meus pais, Francisco Lioneudo Pinheiro e Maria Vilanni Alves Pinheiro e aos meus irmãos, Antônio Charles Alves Pinheiro, Ana Kessia Alves Pinheiro e Alia Mirles Alves Pinheiro, como reconhecimento do amor e dedicação.

OFEREÇO

A minha namorada Sabrina Gomes de Oliveira pelo seu amor, amizade e incentivo, por me motivar, nos momentos difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sua presença constante em todos os momentos da minha vida;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Ao meu orientador, Prof. Dr Hans Raj Gheyi, pela orientação, estímulo, paciência e confiança, durante a realização deste curso;

Ao meu orientador, Dr Geovani Soares de Lima, pela amizade, compreensão, por todos os ensinamentos transmitidos e por se fazer presente na minha formação intelectual;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, Ciência e Tecnologia (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos amigos Geovani, Rômulo, Saulo, Adaan, Elysom e Lauriane por todo empenho e dedicação durante a execução desta pesquisa;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação,

Aos professores de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pelo grande apoio e ensinamento repassados;

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito Obrigado.

Sumário

1- INTRODUÇÃO GERAL	23
2- OBJETIVOS	25
2.1 Geral	25
2.2 Específicos	25
3- REVISÃO DE LITERATURA	26
3.1 Aspectos gerais da cultura da acerola	26
3.2 Uso de águas salinas como estratégias para o manejo das culturas	27
3.3 Tolerância das culturas a salinidade	29
3.3.1 Uso de águas salinas no cultivo de aceroleira.....	31
3.4 Adubação potássica como atenuador do estresse salino	31
4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	33
4.1 Localização do experimento	33
4.2 Delineamento experimental e tratamento	33
4.3 Implantação e condução do experimento	33
4.3.1 Enchimento dos lisímetros	33
4.3.2 Preparo da água e irrigação	35
4.3.3 Adubação.....	35
4.4 Variáveis analisadas	35
4.4.1 Índices fisiológicos.....	35
4.4.2 Avaliação de crescimento.....	37
4.4.3 Trocas gasosas.....	37
4.4.4 Florescência da clorofila a.....	38
5- ANÁLISES ESTATÍSTICAS	38
6- RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6.1 IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS DE DISTINTAS SALINIDADE E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO CULTIVO DE ACEROLEIRA ENXERTADA	46
6.1.1 INTRODUÇÃO	47
6.1.2 MATERIAL E MÉTODOS	48
6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
6.1.4 CONCLUSÕES.....	59
6.2 TROCAS GASOSAS, RENDIMENTO QUÂNTICO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DA ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA	64

6.2.1 INTRODUÇÃO	65
6.2.3 MATERIAL E MÉTODOS	66
6.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
6.2.4 CONCLUSÕES.....	80
6.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA CULTIVADA COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA	83
6.3.1 INTRODUÇÃO	85
6.3.2 MATERIAL E MÉTODOS	86
6.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
6.3.4 CONCLUSÕES.....	95
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento	33
Tabela 2. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento	49
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao potencial osmótico foliar (ψ_s), déficit de saturação hídrica (DSH) e percentual de dano na membrana celular (%D) das plantas de aceroleira enxertada irrigada com águas salina e adubada com diferentes doses de potássio, aos 340 dias após o transplântio	52
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila <i>a</i> (<i>Cl a</i>) e <i>b</i> (<i>Cl b</i>), carotenóides (<i>Car</i>), aos 340 dias após o transplântio e, taxa de crescimento relativo do diâmetro do porta-enxerto (TCRdp), no ponto da enxertia (TCRdpe) e do enxerto (TCRde) das plantas de aceroleira enxertada irrigada com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, no período de 30 a 340 DAT	55
Tabela 5. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento	67
Tabela 6. Resumo do teste F referente à condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>Cl</i>), eficiência instantânea de carboxilação (<i>EiCi</i>) e eficiência do uso da água (EUA) das plantas de aceroleira enxertada cultivada com águas salinas e doses de potássio, aos 400 dias após o transplântio	69
Tabela 7. Resumo do teste F para fluorescência inicial (<i>Fo</i>), fluorescência máxima (<i>Fm</i>), fluorescência variável (<i>Fv</i>), eficiência quântica potencial (<i>Fv/Fm</i>), teores de clorofila <i>a</i> (<i>Cl a</i>) <i>b</i> (<i>Cl b</i>) e carotenoides das folhas de aceroleira enxertada cultivada com água salina e doses de potássio, aos 400 dias após o transplântio	74
Tabela 8. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	87
Tabela 9. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCADPE) e relativo (TCRDPE) em diâmetro do porta-enxerto e taxa de crescimento absoluto (TCADE) e relativo (TCRDE) em diâmetro do enxerto das plantas de aceroleira irrigadas com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, no período de 30 a 515 dias após o transplântio.....	89
Tabela 10. Resumo da análise de variância para o número total de frutos (NTF), massa fresca total de frutos (MFT) e peso médio de frutos (PMF), de aceroleira enxertada irrigada com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, aos 515 dias após o transplântio	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Caracterização dos lisímetro (A) e transplântio das mudas de aceroleira (B e C)	34
Figura 2. Potencial osmótico - ψ_s (A), em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e percentual de dano na membrana celular (B) da aceroleira enxertada, em função da interação entre os níveis de salinidade da água e doses de potássio, aos 340 dias após o transplântio.....	53
Figura 3. Déficit de saturação hídrica foliar –DSH da aceroleira enxertada, em função das doses de potássio, aos 340 dias após o transplântio.....	55
Figura 4. Clorofila a (Cl a) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e adubação potássica (B), aos 340 dias após o transplântio.....	56
Figura 5. Teor de clorofila b em função da interação entre os fatores níveis de salinidade da água – CEa e doses de potássio (A) e carotenoides da aceroleira, em função das doses de potássio (B), aos 340 dias após o transplântio.....	57
Figura 6. Taxa de crescimento relativo do diâmetro no ponto da enxertia – TCRdpe (A), e do enxerto - TCRde (B), da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, no período de 30 a 340 dias após o transplântio.....	58
Figura 7. Transpiração – E da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e doses de potássio, aos 400 dias após o transplântio.....	70
Figura 8. Condutância estomática- g_s (A) taxa de assimilação de CO_2 - A (B), concentração interna de CO_2 – C_i (C) e eficiência instantânea de carboxilação - E_iC_i (D) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 400 dias após o transplântio.....	72
Figura 9. Fluorescência inicial - F_o (A) e variável - F_v (B) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 400 dias após o transplântio.....	75
Figura 10. Fluorescência máxima – F_m (A) e eficiência quântica potencial - F_v/F_m (B) da aceroleira, em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e doses de potássio, aos 400 dias após o transplântio.....	76
Figura 11. Teor de clorofila a – Cl a (A) de carotenoides – Car (B) em função da salinidade da água de irrigação – CEa e conteúdo de clorofila b – Cl b (C), em função da interação entre a CEa e doses de potássio.....	78
Figura 12. Taxa de crescimento absoluto -TCADPE (A), das plantas de aceroleira enxertada irrigadas com águas salinas - CEa (A) e taxa de crescimento relativo – TCRDPE (B) em diâmetro do porta-enxerto em função da interação entre a condutividade elétrica condutividade da água (CEa) e doses de potássio (B), no período de 30 a 515 dias após o transplântio.....	90

Figura 13. Taxa de crescimento absoluto -TCADE (A) e relativo – TCRDE (B) em diâmetro do enxerto das plantas de aceroleira enxertada irrigadas com águas salinas - CEa, no período de 30 a 515 dias após o transplântio..... 91

Figura 14. Número total de frutos – NTF (A) e massa fresca total – MFT (B) de frutos, em função da interação entre salinidade da água de irrigação - CEa e doses de potássio e, peso médio de frutos - PMF (C) de plantas de aceroleira irrigadas com águas salinas, aos 515 dias após o transplântio..... 94

PINHEIRO, F. W. A. **Cultivo de aceroleira enxertada irrigada com águas salinas e adubação potássica**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

A salinidade da água de irrigação é um estresse abiótico que pode afetar o crescimento e a produção das culturas, uma das alternativas para minimizar os efeitos deletérios desse estresse nas plantas, é a adubação potássica, promovendo aumento da tolerância da cultura aos sais. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o cultivo de aceroleira enxertada irrigada com água salina e adubação com distintas doses de potássio. A pesquisa foi realizada em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em condições de casa-de-vegetação, no período de julho de 2016 a dezembro de 2017, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições, usando o arranjo fatorial 2 x 4 cujos tratamentos consistiram de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da recomendação de Musser). A dose referente a 100% correspondeu 33,0 g de K₂O por planta por ano. Utilizaram-se como variedade copa, a BRS 366 Jaburu e como porta-enxerto, foram utilizadas mudas de acerolas Criolas proveniente da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. Os teores de pigmentos fotossintéticos e o crescimento da aceroleira, na fase de floração foram afetados quando irrigados com água de condutividade elétrica 3,8 dS m⁻¹. O aumento das doses de potássio reduziu o dano na membrana celular ocasionado pelo estresse salino. As trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a* foram influenciadas negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água (3,8 dS m⁻¹). Doses crescentes de potássio aumentaram a transpiração, fluorescência máxima da clorofila *a* e o teor de clorofila *b* da aceroleira cultivada sob estresse salino. As doses de potássio até 125% da recomendação não atenuaram os efeitos negativos da irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹ sobre a eficiência quântica potencial das folhas da acerola. As taxas de crescimento absoluto e relativo em diâmetro caulinar e o peso médio de frutos da aceroleira são reduzidos quando irrigados com salinidade 3,8 dS m⁻¹. A adubação potássica mitiga os efeitos do estresse salino sobre a taxa de crescimento relativo para o diâmetro do porta-enxerto, o número total de frutos e a massa fresca total de frutos de aceroleira.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, salinidade da água, semiárido, ajuste osmótico

PINHEIRO, F. W. A. **Cultivation of grafted West Indian cherry irrigated with saline water and potassium fertilization**. 2018. 99 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The salinity of the irrigation water is an abiotic stress that can affect the growth and the production of the crops. One of the alternatives to minimize the deleterious effects of this stress in the plants, is the potassium fertilization, promoting increase of the tolerance of the crop to the salts. In this context, the aim of this study was to evaluate the cultivation of grafted West Indian cherry irrigated with saline water and fertilization with different doses of potassium. The research was carried out in pots adapted as drainage lysimeters under greenhouse conditions, from July 2016 to December 2017, at the Center of Technology and Natural Resources of the Federal University of Campina Grande (CTRN/UFCG), located in the municipality of Campina Grande, PB. The experimental design was a randomized block design, with three replications, using the 2 x 4 factorial arrangement. The treatments consisted of two levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0,8 and 3,8 dS m⁻¹) and four potassium doses (50, 75, 100 and 125% of Musser's recommendation). The dose of 100% corresponded to 33.0 g of K₂O per plant per year. Seedlings of West Indian cherry 'Criolas' originating from EMBRAPA Agroindústria Tropical were used as root stock and that of variety BRS 366 Jaburu as scion. The photosynthetic pigment contents and the growth of the cherry plant in the flowering phase were affected when irrigated with water of electrical conductivity of 3.8 dS m⁻¹. Increased potassium doses reduced cell membrane damage caused by saline stress. Gaseous exchanges and chlorophyll a fluorescence were negatively influenced by the increase in the electrical conductivity of water (3.8 dS m⁻¹). Increasing doses of potassium increased transpiration, chlorophyll a maximum fluorescence and chlorophyll b content of the cultivar under salt stress. Potassium doses up to 125% of the recommendation did not attenuate the negative effects of irrigation with water of 3.8 dS m⁻¹ on the potential quantum efficiency of West Indian cherry leaves. Absolute and relative growth rates in stem diameter and mean fruit weight of the West Indian cherry are reduced when irrigated with water of 3.8 dS m⁻¹ salinity. Potassium fertilization mitigates the effects of saline stress on the relative growth rate of rootstock diameter, total number of fruits and total fresh mass of West Indian cherry fruits.

Key words: *Malpighia emarginata*, water salinity, semi-arid, osmotic adjustment

1- INTRODUÇÃO GERAL

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) possui grande importância socioeconômica no semiárido principalmente, pela sua ampla adaptação edafoclimáticas e potencial produtivo tanto para agricultura familiar quanto para o setor empresarial (ESASHIKA et al., 2013). No Brasil a área plantada com a cultura da acerola é de cerca de 10.000 ha, com uma produtividade média de 150 mil toneladas de frutas por ano. A região Nordeste participa com 64% da produção nacional e os principais estados produtores são: Pernambuco, Ceará e Bahia, sendo cultivados também na Paraíba, Rio Grande do Norte e Piauí (CALGARO; BRAGA, 2012).

Embora a aceroleira tenha uma boa adaptação às condições climáticas da região Semiárida Brasileira, a escassez de recursos hídricos de boa qualidade e a ocorrência de longos períodos de estiagem são fatores limitantes para a produção agrícola nesta região, o que torna uma necessidade a utilização de águas com elevados teores de sais, sobretudo de sódio, proporcionando efeitos negativos sobre solos e produção agrícola (LIMA et al., 2014). Além disso, a irrigação com águas salinas associada ao material de origem dos solos, aumentam os riscos de salinização e sodificação dos solos, promovendo perdas no rendimento da cultura (SÁ et al., 2014; SANTOS et al., 2014).

Os problemas ocasionados pela salinidade às plantas estão relacionados a redução do potencial osmótico, efeitos tóxicos de íons específicos e desequilíbrio nutricional (MUNNS; TESTER, 2008), devido ao excesso de íons tóxicos na solução do solo; isso pode provocar distúrbios na absorção de nutrientes, os quais as concentrações de íons, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nas plantas (DONG, 2012). Tal situação promove alterações nas funções fisiológicas e bioquímicas dos vegetais, ocasionando redução na absorção e transporte dos elementos minerais essenciais, limitando o desenvolvimento do vegetal (NOBRE et al., 2013).

Desta forma, é de suma importância o desenvolvimento de técnicas visando a mitigação dos efeitos deletérios dos sais nas plantas, com o propósito de possibilitar o emprego de águas salinas no cultivo de aceroleira na fase de pós-enxertia, no semiárido do Nordeste Brasileiro. Neste contexto, várias pesquisas foram desenvolvidas visando a identificação de alternativas para amenizar os efeitos decorrentes do estresse salino, mostrando resultados satisfatórios no que diz respeito à indicação do nível de salinidade limiar e o grau de tolerância das plantas ao estresse salino (SILVA et al., 2011; GUEDES FILHO et al., 2015; LIMA et al., 2015).

Devido às funções exercidas pelo potássio no metabolismo vegetal, tais como a ativação de várias reações enzimáticas, que participam no processo de respiração e fotossíntese na

regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle de fechamento e abertura estomática; além do controle de pragas e doenças por efeito da resistência e da permeabilidade da membrana plasmática (MARSCHNER, 2012; TAIZ; ZEIGER et al., 2017), pode-se elevar o grau de tolerância das culturas ao estresse salino. Além disso, a adubação potássica pode resultar em maior competição desse macronutriente com outros cátions, especialmente o Na^+ (HEIDARI; JAMSHID, 2010). Bard; Shafei (2002) relatam que o aumento da aplicação de K pode ser útil para mitigar o efeito adverso da salinidade, pois a capacidade das plantas absorverem potássio é mais alta que a concentração de Na^+ . Dessa maneira, espera-se que a fonte de K empregada determine as respostas das plantas de aceroleira à salinidade. Ademais, há uma carência de estudos que relacionem o crescimento a fisiologia e produção da aceroleira submetida a salinidade e a diferentes doses de potássio.

2- OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os efeitos da irrigação com água salina e da adubação potássica sobre o crescimento, a fisiologia e a produção da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu.

2.2 Específicos

Avaliar os efeitos da irrigação com água salina associada a adubação potássica sobre o crescimento da aceroleira.

Analisar os efeitos da irrigação com água salina e adubação sobre as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica da aceroleira cv BRS 366 Jaburu.

Determinar o potencial osmótico foliar, o percentual de eletrólitos na membrana, o teor relativo de água e o déficit de saturação hídrica da aceroleira irrigada com águas salinas e a adubação potássica;

Analisar a produção de frutos de acerola cultivada com água salina e adubação potássica.

3- REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura da acerola

A aceroleira pertence à família Malpighiaceae, e ao gênero *Malpighia*. É uma fruta muito perecível, sendo conhecida como cereja-das-antilhas por ser originária das Antilhas, Norte da América do Sul e América Central (PEREIRA et al., 2013). É um arbusto perene, de porte médio, atingindo de 2 a 3 m de diâmetro de copa. Possui tronco único, ramificado, e copa densa, formada por numerosos ramos lenhosos, geralmente curvados para baixo, as sementes são pequenas, ovoides, não albuminadas, medindo de 3 a 5 mm de comprimento e 2 a 3 mm de largura (KLUGE; RESENDE, 2003).

Suas flores são dispostas em pequenos cachos pedunculados, que surgem na axila das folhas de ramos novos ou em esporões laterais após surtos de crescimento vegetativo. São hermafroditas, com cinco sépalas e cinco pétalas franjadas, cuja coloração varia entre genótipos, de branca a diferentes tonalidades de rosa. Ainda apresenta dez estames, três estiletes, três carpelos unidos, formando um ovário globular, súpero, trilobado, cada lóculo contendo um óvulo (RITZINGER; RITZINGER, 2011). O cálice possui duas glândulas grandes em cada sépala, localizadas na parte basal externa (JOLY, 1983). Os grãos de pólen da aceroleira são amarelos, pegajosos, não dissemináveis pelo vento, sendo a viabilidade do pólen variável entre 10% e 90%, a depender do genótipo, sendo a polinização dependente de insetos polinizadores nativos como abelhas do gênero *Centris* spp. (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Os frutos da aceroleira são drupas tricarpeladas, carnosas, variando na forma, tamanho e peso varia de 3 a 16g, contendo elevado conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) (JUNQUEIRA et al., 2004). O epicarpo é uma película fina de coloração vermelho-amarelada, vermelho-alaranjada ou vermelha a vermelho-púrpura; o mesocarpo é a polpa e o endocarpo é constituído por três sementes unidas, com textura pergaminácea, que dão ao fruto o aspecto trilobado. Cada caroço pode conter no seu interior uma semente, com 3 a 5 mm de comprimento, de forma ovóide e com dois cotilédones. A acerola apresenta baixa produção de sementes viáveis, tendo em geral, uma taxa de 20% a 50% de sementes viáveis (ALMEIDA et al., 2002; RITZINGER; RITZINGER, 2011).

De acordo com Dantas et al. (2014), a base da fruticultura moderna é a produção de mudas de alta qualidade, e mudas bem formadas dando origem a plantas com alto potencial produtivo. A produção da aceroleira tem início um ano após o plantio, quando se usa mudas obtidas por estaquia, e 2,5 anos, quando as mudas são produzidas por sementes. De maneira geral, ocorrem

quatro a sete períodos de frutificação durante o ano, podendo chegar até a sete safras em regiões com altas temperaturas e luminosidade, como no Nordeste brasileiro, principalmente em cultivos irrigados (MEZADRI et al., 2006).

A propagação via sexual acontece através de semente, sendo uma alternativa de baixo custo para o pequeno produtor, onde seus frutos são voltados para a agricultura familiar. Embora existam muitos plantios formados a partir de sementes no Brasil, este método de propagação ocasiona grande desuniformidade entre as plantas, queda na produção e na qualidade dos frutos, apresentando baixa produção de sementes viáveis, com a quantidade de caroços com sementes variando entre 20% a 50% (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

A enxertia é uma técnica importante para obtenção dessas mudas, Para Linha e Cunha (2004) trata-se de um processo que une duas plantas, uma contribuindo com o sistema radicular, denominada porta-enxerto, e a outra com a parte aérea e conseqüentemente, com a frutificação, denominada enxerto. Segundo Jacomino (2008), a razão para o uso da enxertia reside nos benefícios como, mudança de cultivar em plantas adultas, substituição do porta-enxerto, vigor da planta, precocidade da produção, além disso, a presença da raiz pivotante da muda enxertada, confere uma maior sustentação da planta no solo, explorando maior volume do solo. Atualmente, estima-se uma produção média da aceroleira de 150 mil toneladas de frutas por ano na região Nordeste. Sendo que 46% desse total comercializado no mercado interno destinam-se à indústria de processamento e 54% destinam-se ao mercado de consumo da fruta fresca (CALGARO; BRAGA, 2012).

3.2 Uso de águas salinas como estratégias para o manejo das culturas

O uso inadequado e a falta de manejo sustentável dos recursos hídricos se agravam em virtude do crescimento populacional. Acrescido a isso, de acordo com a UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável, as diferenças registradas entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento chocam e evidenciam que, a crise mundial dos recursos hídricos está diretamente ligada às desigualdades sociais (SETESB, 2013). No Brasil, a escassez desse recurso é bastante visível, sobretudo na região semiárida do Nordeste, que por sua vez, corresponde a 58% do território (SILVA et al., 2014). A água utilizada na irrigação nessa região, apresenta em grande parte alto teor de sais (MEDEIROS, et al., 2010). No entanto, vários estudos são realizados na região semiárida evidenciando o uso de águas salinas como fonte alternativa para a produção agrícola.

A utilização de águas de qualidade inferior é uma alternativa na produção de alimentos na região nordeste. Constantemente, estudos vêm sendo realizados com intuito de desenvolver técnicas para nas produções fruteiras irrigadas com águas salinas. Cavalcante et al., (2010) relatam que, são escassos na literatura informações a respeito da produção de frutíferas irrigadas com águas salinas, oriundas de mananciais hídricos de superfície ou poços artesianos. As misturas de águas de alta condutividade elétrica com águas de baixa concentração de sais, visa incentivar a inserção dessas águas na produção vegetal, em regiões que sofrem com estiagens prolongadas. Esta pode ser mais uma alternativa para assegurar a exploração racional dos recursos hídricos e vegetais no semiárido, fixando o homem no campo evitando o êxodo rural (SILVA et al., 2014).

Estudos realizados por Dias et al., (2012), avaliaram a produção de maracujazeiro amarelo irrigados com águas salinas e adubadas com biofertilizantes, constatou-se que plantas irrigadas com condutividade elétrica da água até $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram uma produção de cerca 70% comparado às plantas irrigadas com o menor nível salino. Em pesquisa avaliando o estresse salino em diferentes fases fenológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce, Amorim et al., (2010) observaram na aplicação de águas salinas de até 12 dS m^{-1} , tal estresse não afetou o desenvolvimento e nem a produtividade das plantas de cajueiro.

Vários são os exemplos vistos em relação ao emprego de águas salinas na produção de fruteiras no semiárido brasileiro. Em experimentos com a cultura da aceroleira na região nordeste, Sá et al., (2018), examinaram a interação da adubação com nitrogênio e fósforo e da irrigação com água salina sobre os índices de crescimento, fisiológicos, nutrição e a produção da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu. De acordo com os autores, recomenda-se a irrigação com águas salinas na cultura estudada até $2,2 \text{ dS m}^{-1}$. Assim, acaba evidenciando a importância de estudos com aplicação de águas salinas como fonte alternativa para a produção de fruteiras.

De acordo com estudos realizados por Marinho et al., (2006) com a cultura do coqueiro no estado do Rio Grande do Norte, Foi possível averiguar que o incremento as salinidades da água houve um aumento da relação entre número de flores femininas e número de frutos colhidos, em plantas de coqueiro-anão. Os autores, ainda ressaltam no estudo, que a condutividade elétrica da água de irrigação de 10 dS m^{-1} é o limite para se obter produção aceitável de frutos de coqueiro ‘Anão verde’.

3.3 Tolerância das culturas a salinidade

Algumas espécies vegetais apresentam mecanismos que lhes permitem sobreviver em ambientes altamente salinos (SCHOSSLER et al., 2012). Sendo esse o resultado dos processos adaptativos relacionados a absorção, transporte e distribuição de íons de Na^+ e Cl^- em diferentes órgãos da planta (FARIAS et al., 2009). Para Willadino e Camara (2010), as respostas ao estresse salino variam amplamente dependendo do genótipo da planta, pois enquanto algumas espécies apresentam elevada tolerância à salinidade, outras são altamente susceptíveis. Diante disto, as plantas são classificadas em dois tipos: as Halófitas, que são plantas tolerantes e se desenvolvem em solos salinos, conseguindo completar seu ciclo; e as Glícófitas, que não são capazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas, correspondendo a grande maioria das plantas (OLIVEIRA, 2017). Entre as espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca gasosas, condutância estomática, fotossíntese e homeostase iônico (NAVARRO et al., 2003; CABANERO et al., 2004).

Esses efeitos deletérios do excesso de sais presente no solo e na água de irrigação, podem reduzir significativamente os rendimentos das culturas e sua magnitude depende do tempo, da concentração de íons, do uso da água pelas culturas e da tolerância das plantas, sendo a capacidade de sobrevivência das plantas sensíveis ao estresse salino, regida por mecanismos que conferem resistência à salinidade, outrossim, esses mecanismos são aspectos fundamentais para o crescimento de culturas, e envolvem alta atividade metabólica sob estresse moderado, e baixa sob estresse severo que permitem a planta suportar o estresse (WILLIDIANO; CAMARA, 2010). Munns (2005) aponta que, os mecanismos de tolerância das plantas em resposta aos efeitos específicos dos sais são de dois tipos: os que minimizam a entrada de sal na planta; e aqueles que minimizam a concentração de sal no citoplasma, sendo que a maioria das plantas impedem a entrada do sal presente na solução do solo (98%), permitindo que apenas 2% sejam transportados no xilema para os brotos. Já Botella et al. (2005) exaltam que as plantas glícófitas podem apresentar certa tolerância ao estresse salino, através de estratégias similares àquelas existentes nas halófitas, proporcionando assim um desenvolvimento satisfatório em condições de salinidade.

Ademais, existem algumas espécies que apresentam capacidade de acumular íons no vacúolo e solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, para reduzir seu potencial hídrico a um patamar inferior ao do solo, o que lhes permite um ajustamento osmótico a esse

tipo de condição. Um dos mecanismos de tolerância à salinidade é o ajustamento osmótico que, consiste na capacidade das plantas em acumular íons no vacúolo e, ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, conhecidos como osmólitos compatíveis ou osmoprotetores, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência celular (HOPKINS, 1999). Os solutos compatíveis constituem um pequeno grupo de substâncias de natureza química distinta, destacando-se: aminoácidos (como a prolina), compostos amônio-quaternários (glicina betaína, β -alanina betaína, prolina betaína, colina-O-sulfato), compostos sulfonium-terciário (dimetilsulfoniopropionato), polióis (ou álcoois poliidrícos, como pinitol e manitol), açúcares solúveis (frutose, sacarose, trealose, rafinose) ou poliméricos (frutanas), além de poliaminas (putrescina, espermidina e espermina). Também devem ser incluídas algumas enzimas como superóxido dismutase, peroxidase, catalase, polifenol oxidase, entre outras, que eliminam os radicais livres e proteínas que protegem a formação ou a estabilidade de outras proteínas (WILLIDINO; CÂMARA, 2010).

O estado nutricional das plantas também é um fator que pode ser levado em consideração para caracterizar a tolerância das plantas a salinidade, visto que, incrementos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K^+ e Ca^{2+} , e interferem nas funções fisiológicas. Então, a habilidade das plantas em manter altos teores de K^+ e Ca^{2+} e baixos níveis de Na^+ dentro do tecido vegetal pode ser um dos mecanismos chave que contribui para expressar a maior tolerância à salinidade. Na maioria dos casos, genótipos tolerantes à salinidade são capazes de manter altas relações K^+/Na^+ nos tecidos (DIAS; BLANCO, 2010).

Sendo dessa maneira, fundamental para o conhecimento do grau de tolerância das plantas à salinidade e seus mecanismos. Pois, a solução de grande parte dos problemas decorrentes da salinidade na produção agrícola depende da compreensão/identificação do nível de tolerância e dos aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas cultivadas sob essas condições (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010). Ademais, estes conhecimentos são úteis no melhoramento e seleção de plantas tolerantes e na adoção de práticas de manejo que possam amenizar os efeitos deletérios dos sais nas plantas cultivadas (DIAS et al., 2003).

3.3.1 Uso de águas salinas no cultivo de aceroleira

Em estudos avaliando os efeitos do estresse salino na fase de formação de porta-enxerto, Gurgel et al. (2003) observaram que, o estresse salino afetou negativamente e de forma linear a percentagem de plantas emergidas e o índice de velocidade de emergência, e perceberam que a tolerância da aceroleira à salinidade aumenta com a idade na fase de formação do porta-enxerto. Além de que, a capacidade da planta em produzir fotoassimilados é menos afetada que as taxas de crescimento. Os autores ainda ressaltam que o clone BV1 de aceroleira tolera até 1,16 dS m⁻¹ de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), sem prejuízos sobre a enxertia, podendo ser classificada como ‘moderadamente sensível’ nesta fase.

Durante a fase de enxertia, Gurgel et al. (2007) verificaram que a salinidade é mais prejudicial ao sistema radicular que a parte aérea da aceroleira antes e após a enxertia. E que, a adequabilidade da propagação por garfagem e o crescimento da muda enxertada não foram afetados pela salinidade da água de até 5,5 dS m⁻¹. No entanto, os autores trabalharam com uma lâmina de lixiviação de sais de 40%, promovendo uma lavagem excessiva do solo. O que em termos práticos, significa que vai muito além do usual em cultivos em condições de campo, haja vista, a pequena disponibilidade hídrica da região semiárida do nordeste brasileiro (CIRILO et al., 2010).

3.4 Adubação potássica como atenuador do estresse salino

O potássio é o segundo macronutriente mais exigido em quantidade pela maioria das culturas cultivadas. As elevadas exigências de potássio contrastam com os teores, em geral, insuficientes destes nutrientes que ocorrem na maioria dos solos brasileiros, o que tem elevado o grande aumento do uso de fertilizantes minerais potássicos (NACHTIGALL; RAIJ, 2005). Sendo absorvido pelas raízes na forma de K⁺, processo essencialmente ativo, ele desempenha várias funções na planta: controle da turgidez do tecido, ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, à seca, à salinidade e à doença, resistência ao acamamento e à manutenção da qualidade dos produtos (MARSCHNER, 2012; KUMAR et al., 2007). Além do mais, o potássio nas plantas estimula o aproveitamento do nitrogênio possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente que a sua produtividade, sejam aumentadas (VIANA; KIEHL, 2010).

A essencialidade do potássio ao desenvolvimento das plantas está relacionada, principalmente, a participação direta ou indireta de inúmeros processos bioquímicos e em mais de 60 reações enzimáticas envolvidos com o metabolismo dos carboidratos, na fotossíntese, respiração e translocação e síntese de proteínas sendo que sua carência é refletida numa baixa taxa de crescimento (COELHO et al., 2007; PETTIGREW, 2008). Em situações que apresentam limitações na disponibilidade de potássio, ocorre o funcionamento irregular dos estômatos da planta, diminuindo a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética, situação observada frequentemente em ambientes salinos, onde devido à maior disponibilidade de sódio no solo, restringem a absorção de potássio, ocasionando uma deficiência induzida (BOSCO et al., 2009). Com isso, plantas bem nutridas desse elemento podem apresentar uma maior tolerância a essas condições, por reduzir tal competição (GURGEL et al., 2010). Estañ et al. (2005) acrescentam que, uma maior relação K⁺/Na⁺ no tecido de plantas, sob estresse salino, é considerada como um importante indicador de tolerância à salinidade, pois a acumulação de K⁺ e de outros solutos compatíveis na célula vegetal, tais como prolina, glicina betaína e açúcares, demonstrando ser um importante mecanismo bioquímico e fisiológico envolvido com a tolerância à salinidade (ASHRAF; FOOLAD, 2007; SILVA et al., 2009).

4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

4.1 Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido no período de junho de 2016 a dezembro de 2017 em ambiente protegido (casa de vegetação), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

4.2 Delineamento experimental e tratamento

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2 x 4 com dois fatores, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da recomendação de Musser). A dose referente a 100% correspondeu 33,0 g de K₂O por planta, por ano.

4.3 Implantação e condução do experimento

4.3.1 Enchimento dos lisímetros

O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas								
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					

CEes dS m ⁻¹	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) _{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
				Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes- condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio; PST- Percentagem de sódio trocável.

O cultivo da aceroleira foi realizado em lisímetros, apresentando dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades, sobre cada dreno foi colocado um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita, posteriormente o mesmo, foi preenchido com respectivo solo (Figura 1A). A água de drenagem foi coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada, dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem utilizado para determinação do consumo hídrico da cultura.

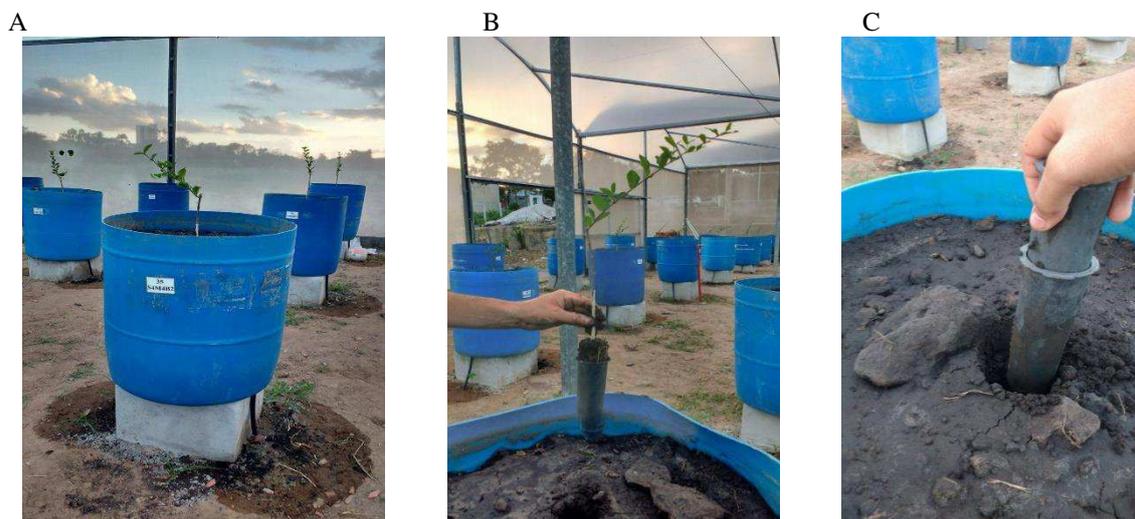


Figura 1. Caracterização do lisímetro (A) e transplântio das mudas de aceroleira (B e C).

Foram utilizadas mudas de aceroleira cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas no porta-enxerto Criolo, proveniente do Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas adquiridas estavam com idade de 240 dias após a semeadura e durante esse tempo só foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹), sendo transplantadas para os lisímetros aos 90 dias após a enxertia (Figura 1B e C). Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

4.3.2 Preparo da água e irrigação

A água de irrigação de alta salinidade (CEa 3,8 dS m⁻¹) foi preparada dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento (CEa = 1,40 dS m⁻¹) do município de Campina Grande, PB, com base na relação entre CEa e a concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = 10*CEa dS m⁻¹) extraída de Richards (1954). A água de menor condutividade elétrica (0,8 dS m⁻¹) foi obtida a partir da diluição de água de abastecimento com água de chuva.

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de 2 dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à sua capacidade ideal de retenção de água no solo. Em cada irrigação foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado menos o drenado na última irrigação. Visando a evitar a acumulação excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicou-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

4.3.3 Adubação

A adubação com fósforo e nitrogênio foi feita conforme recomendação de Musser (1995), sendo aplicado o equivalente a 250 e 53 mg kg⁻¹ do solo por planta, respectivamente, de superfosfato simples e ureia. O fósforo foi aplicado todo em fundação. Já o nitrogênio e potássio (conforme dose) foram parcelados em 12 aplicações iguais, sendo estas realizadas mensalmente durante todo o ciclo da cultura. Para suprir prováveis deficiências de micronutriente na aceroleira, foram aplicados semanalmente, solução de ubyfol contendo 1,5 g L⁻¹ [(N (15%); P₂O₅ (15%); K₂O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)], mediante pulverização foliar.

4.4 Variáveis analisadas

4.4.1 Índices fisiológicos

4.4.1.1 Potencial osmótico

Para determinação do potencial osmótico foliar da aceroleira, folhas do terço médio de cada ramo das plantas foram coletadas em cada parcela experimental, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas na temperatura de 5 °C; para extração do suco celular, as amostras foram colocadas em tubos para centrifugação a 10000 rpm durante 10 minutos; o ponto de congelamento das amostras foi mensurado através da leitura de alíquotas de 5 mL em osmômetro microprocessador (PZL 1000) encontrando-se, desta forma, a osmolalidade da amostra em mOsm kg⁻¹ H₂O sendo convertido em MPa, conforme recomendação contida em Bagatta et al. (2008), através da Eq.1:

$$\psi_s = -C \times 2,58 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Em que: ψ_s (MPa) = potencial osmótico foliar - MPa; C= osmolalidade da amostra - mOsm kg⁻¹ H₂O, encontrada na leitura do osmômetro.

4.4.1.2 Porcentagem de dano na membrana celular nas folhas

Para verificar a capacidade de desruptura da membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletadas também, no terço médio das plantas, 4 discos foliares de 113 mm² de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, em seguida, foram acondicionados em becker, com 50 mL de água bidestilada e fechados com papel alumínio. Durante 120 minutos às amostras ficaram em temperatura de 25 °C, e procedida a condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, conduziu-se os beckers à estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80 °C, durante 150 minutos, quando então foi realizada novamente a mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular foi obtido de acordo com Scotti-Campos et al. 2013), conforme Eq .2:

$$\%D = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (2)$$

Em que: %D = percentual de dano na membrana celular (%); Ci= condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹); Cf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

4.4.1.3 Déficit de saturação hídrica

Determinou-se aos 340 dias após o transplântio o déficit de saturação hídrica seguindo a metodologia descrita por Taiz & Zeiger (2013), conforme Eq. 3:

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

Em que: DSH = déficit de saturação hídrica (%); MF= massa fresca de folha (g); MT= massa túrgida (g); MS = Massa seca (g).

4.4.1.4 Teor de clorofila e carotenoides

Avaliaram-se os teores de clorofila *a* (*Cl a*) e *b* (*Cl b*), carotenoides (Car), seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice do ramo quaternário. A partir dos extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações:

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = 12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,81 \text{ ABS}_{646}; \quad (4)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = 20,13 \text{ A}_{646} - 5,03 \text{ ABS}_{663}; \quad (5)$$

$$\text{Carotenóides totais (Car)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Cl } a - 85,02 \text{ Cl } b)/198. \quad (6)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g^{-1} MF.

4.4.2 Avaliação de crescimento

A TCR para diâmetro do porta-enxerto, no ponto da enxertia e do enxerto foram determinadas de acordo com Benincasa (2003), conforme Eq. 7.

$$TCR = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (7)$$

Em que: TCR = Taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule ($\text{mm mm}^{-1} \text{ d}^{-1}$),

DC₁ = diâmetro do caule (cm) no tempo t₁,

DC₂ = diâmetro do caule (cm) no tempo t₂,

ln = logaritmo natural.

4.4.3 Trocas gasosas

Determinaram-se aos 400 dias após o transplante, período de transição entre a fase de floração para frutificação a condutância estomática - *gs* ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO₂ - *A* ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração - *E* ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂

– C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System®. Após a coleta dos dados foram quantificadas a eficiência instantânea do uso da água - $EUA - A/E$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação - $EiCi - A/C_i$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$].

4.4.4 Florescência da clorofila a

Aos 400 dias após o transplântio, período de transição entre a fase de floração para frutificação, determinou-se a fluorescência da clorofila a, usando-se um fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; a priori usou-se o protocolo Fv/Fm, afim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável ($F_v = F_m - F_o$) e a máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (SÁ et al., 2015); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

5- ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos foram realizados testes de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os níveis salinos da água e análise de regressão para o fator doses de potássio e, quando houve interação entre os fatores realizou-se o desdobramento do fator NS dentro de DK utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 40p.
- AMORIM, A. V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LARCERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n. p.206-216, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the osmotic adjustment response within the Genus *Beta*. **Journal of Sugar Beet Research**, v.45 n.3, p. 119-131, 2008.
- BARD, M. A.; SHAFEI, A. M. Salt tolerance in two wheat varieties and its relation to potassium nutrition. **Journal of Agricultural Research**, v.35, n. 1, p.115-128, 2002.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BOTELLA M.; ROSADO, A.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Plant adaptive responses to salinity stress. In: JENKS, M.A.; HASEGAWA, P.M. (ed.). **Plant abiotic stress**. New York: Blackwell Publishing, p. 37-70, 2005.
- CABANERO, F.J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v.166, n. 2, p.443-450, 2004.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. A cultura da acerola. **rev. ampl.** – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 144. 69p. 3. ed.
- CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, J. B.; SANTOS, C. J. O.; FEITOSA FILHO, J. C.; LIMA, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 24, n. 3, p.748-751, 2010.

- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). **Águas do Brasil análises estratégicas**. 1.ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, v. 1, p. 81-91.
- COELHO, R. I.; CARVALHO, A. J. C.; MARINHO, C. L.; LOPES, J. C.; PESSANHA, P. G. O. Resposta a adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro “Smooth Cayane”. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 29, n. 1, p. 161-165, 2007.
- DANTAS, K. A.; FIGUEIREDO, T. da C.; MESQUITA, E. F.; SILVA SÁ, F. V.; FERREIRA, N. M. Substratos e doses de biofertilizante bovino na produção de mudas de aceroleira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9 , n. 1 , p. 157 - 162, 2014.
- DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A. DE.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza, INCT Sal, 2010, p.129-14.
- DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118 p. (Série didática n° 13).
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- DONG, H. Technology and field management for controlling soil salinity effects on cotton. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.2, p.333-341, 2012.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.399-410, 2013.
- ESTAÑ, M. T.; MARTINEZ RODRIGUEZ, M. M.; PEREZ ALFOCEA, F.; FLOWERS, T. J.; BOLARIN, M. C. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. **Journal of Experimental Botany**, v.56, n. 2, p.703 712, 2005.

- FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)** 61f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2008.
- FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. D.O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 1499-1505, 2009.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GUEDES, F. D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. A. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.20, n.3, p.514-527, 2015.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F J. DE S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.451-456, 2003.
- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- GURGEL, M. T., UYEDA, C. A., GHEYI, H. R., DE OLIVEIRA, F. H., FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. D. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 3-10, 2010.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v.5, n.6, p.39-46, 2010.
- HOPKINS, G.W. **Introduction to plant physiology**, New York: John Wiley & Sons, 1999. 512 p.
- JACOMINO. A. P. Enxertia de plantas frutíferas. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3190466/mod_resource/content/1/Aula%20Enxertia%202017-web.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2017.
- JUNQUEIRA, K. P.; PIO, R.; VALE, M. R. do; RAMOS, J.D. **Cultura da acerola**. Lavras: UFLA, 2004. 27p.

- KLUGE, R.A.; REZENDE, G. O. Aceroleira (*Malpighia* sp.) In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coordes.). **Ecofisiologia de fruteiras**: abacateira, macieira, Pereira e videira. Piracicaba: Agronomica Ceres, 2003. P. 25-43.
- KUMAR, P.; PANDEY, S.K.; SINGH, B.P.; SINGH, S.V.; KUMAR, D. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**, v. 50, n. 1, p. 1-13, 2007.
- LIMA, A. de A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá**: Produção e qualidade na passicultura. Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2004. 396p.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A.; SILVA, E. M. Irrigation water salinity and nitrogen doses affect the cultivation of castor bean (*Ricinus communis* L.) at different phenological stages. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.9, p.870-878, 2015.
- LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A.; SILVA, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v.34, n. 3,p. 854-866, 2014.
- MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FRANANDES, P. D.; HOLANDA, J. S.; FERREIRA NETO, M. Cultivo de coco 'Anão Verde' irrigado com águas salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1277-1284, 2006.
- MARSCHNER.H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic press, 2012. 651p.
- MEDEIROS, J.F.; NASCIMENTO, I.B. GHERY, H.R. Manejo do solo-água-planta em área afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. 1.ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 280- 302, 2010.
- MEZADRI, T.; PACHÓN, F.; SOLEDAD, M.; VILLAÑO, D.; PARRÍLLA, G.; CARMEN, M.; TRONCOSO, A. M. El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56, n.2, p.101-109, 2006.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, p. 645–663, 2005.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, n. 2, p.651-681, 2008.

- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (ed.). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p.47-52.
- NACHTIGALL, G.R.; RAIJ, B.V. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. cap.8, p.179-238.
- NAVARRO, J.M., GARRIDO, C., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulators**, v.41, n. 2, p.237–245, 2003.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SILVA L., G. L. da; SOARES, L. A. dos A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza. V. 44, n. 3, 2013.
- OLIVEIRA B. M. R. D.; BOSCO, de O. A.; FERREYRA, H. F. F.; LACERDA, C. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 02, p. 157-164, 2009.
- OLIVEIRA, A. S. L. **Trocas gasosas e crescimento de atriplex nummularia lindl. irrigada com água proveniente de rejeito salino**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2017.
- PEREIRA, C. M. T.; SILVA, C. P. R.; LIMA, A.; PEREIRA, D. M., COSTA, N.; NETO, A. A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola, (*Malpighia glabra* L.), **Revista Científica ACTA Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2013.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**. v. 133, n. 4, p. 670-681, 2008.
- PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 1.ed. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, Agriculture Handbook, 60).
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, v.32, n.264, p.17-25, 2011.
- SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de.; PAIVA, E. P. de.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. a. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and

- growth of west indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.3, p.158-163, 2018.
- SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, J. L.; NOVAIS, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.388-396, 2014.
- SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de; MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO NETO, J. R. de; PALÁCIO, H. A. de Q.; RODRIGUES, R. do N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.11, p. 1157-1164, 2014.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.25, n.12, p.1002-1013, 2013.
- SETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.<
<http://cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/37-O-Problema-da-Escassez-de-C3%81gua--no-Mundo>>. 3 Ago. 2013.
- SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. de; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-manso submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009.
- SILVA, F. L.; DE LACERDA, C. F.; DE SOUSA, G. G.; NEVES, A. L.; DA SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383-390, 2011.
- SILVA, J. L. de A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. de A.; SILVA JUNIOR M. J.; NASCIMENTO, semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18 (Suplemento), p.66-72, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R.L; Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.6, n.11; p.21, 2010.

6- RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS DE DISTINTAS SALINIDADE E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO CULTIVO DE ACEROLEIRA ENXERTADA

RESUMO: A exploração agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro depende do uso da irrigação para garantir a produção das culturas com segurança; entretanto, nesta região, comumente as águas utilizadas possuem níveis elevados de sais e necessitam de estratégias de manejo que possibilitem sua utilização na agricultura. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as relações hídricas, os pigmentos fotossintéticos e o crescimento da aceroleira enxertada em função da irrigação com águas salinas e adubação potássica. A pesquisa foi realizada em condição de casa de vegetação em lisímetros preenchidos com um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, no município de Campina Grande-PB. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, e consistiram de dois fatores, sendo dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da recomendação de Musser), com três repetições e uma planta por parcela. A dose de 100% correspondeu a 33 g de K₂O por planta por ano. A irrigação com água de condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹ afetou negativamente os teores de pigmentos fotossintéticos e o crescimento da aceroleira. Doses crescentes de potássio diminuiu o percentual de dano na membrana celular e promoveu aumento na síntese de clorofila *a* e carotenoides das plantas de aceroleira. Houve interação significativa entre os fatores níveis salinos e doses de potássio para potencial osmótico foliar, déficit de saturação hídrica, percentual de dano na membrana celular e teor de clorofila *b* da aceroleira.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, estresse salino, osmorregulação.

IRRIGATION WITH SALINE WATERS AND POTASSIUM FERTILIZATION IN THE CULTIVATION OF GRAFTED WEST INDIAN CHERRY

ABSTRACT: Agricultural exploitation in the semi-arid region depends on the use of irrigation to ensure the production of crops, however, the waters commonly used in this region have high levels of salts and require the management strategies that enable their use in agriculture. In this context, the aim of this study was to evaluate the water relations, the photosynthetic pigments and the growth of the grafted west indian cherry, as a function of irrigation with saline water and potassium fertilization. The research was carried out under greenhouse conditions in

lysimeters filled with an Eutrophic Regolithic Neosol with a sandy-loam texture, in the city of Campina Grande-PB. The treatments were distributed in randomized blocks, and consisted of the combination of two factors, two levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.8 and 3.8 dS m⁻¹) and four potassium doses (50, 75, 100 and 125% of recommendation of Musser), with three replicates and one plant per replicate. The dose of 100% corresponded to 33.0 g of K₂O per plant per year. Irrigation with water of electrical conductivity of 3.8 dS m⁻¹ negatively affected the photosynthetic pigment contents and the growth of the West Indian cherry plant. Increasing doses of potassium decreased the percentage of cell membrane damage and promoted increased synthesis of chlorophyll *a* and carotenoids of the West Indian cherry plants. There was a significant interaction between the factors saline levels and potassium doses for osmotic potential of leaf, water saturation deficit, percentage of cell membrane damage and chlorophyll *b*.

Keywords: *Malpighia emarginata*, saline stress, osmoregulation

6.1.1 INTRODUÇÃO

Dentre as fruteiras cultivadas no Brasil destaca-se a aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) por apresentar elevado teor de vitamina C, com teores de ácidos ascórbico variando de 695 a 4827 mg 100/g⁻¹ (MEZADRI et al., 2006). Estes atributos tem elevado seu consumo não somente na alimentação humana, como também pela indústria farmacêutica. Além do ácido ascórbico, outros importantes compostos bioativos vêm sendo comprovados, como compostos fenólicos, corantes naturais, compostos com reconhecida ação na prevenção de doenças degenerativas, atividade biológica e manutenção da saúde (DEMBITSKY et al., 2011).

O Brasil é um dos três maiores produtores de frutas do mundo. Sua produção supera 40 milhões de toneladas, o que representa 5% da produção mundial ficando atrás apenas da China e da Índia. Cerca de 53% da produção brasileira é destinada ao mercado de frutas processadas e 47% ao mercado de frutas frescas (ISOLDA et al., 2014). No Brasil, a principal região produtora é o Nordeste, com 64% da área cultivada no país, correspondendo a uma produção média de 15.360 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ADRIANO et al., 2011; ESASHIKA et al., 2013). Entretanto, a região semiárida do Nordeste Brasileiro está sujeita à ocorrência de altas temperaturas, baixa pluviosidade, distribuição pluviométrica irregular e elevadas taxas de evapotranspiração na maior parte do ano, favorecendo a escassez de águas superficiais, sendo a prática da irrigação

uma medida importante para garantir o suprimento hídrico nos momentos de maiores demandas (NOBRE et al., 2011).

Apesar da importância da irrigação, parte das fontes hídricas disponíveis geralmente apresentam teores salinos elevados, contendo principalmente cloreto e sódio (NEVES et al., 2009; JIANG et al., 2012). As altas concentrações de sais presentes na água e/ou no solo podem provocar diversos efeitos fisiológicos, promovendo redução do crescimento, distúrbios na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, condutância estomática e fotossíntese (NAVARRO et al., 2003; CABANERO et al., 2004). Assim, na tentativa de mitigar os efeitos depressivos proporcionados às culturas pelo excesso de sais presentes na água de irrigação e/ou solo, bem como viabilizar o uso de águas de qualidade inferior em regiões com recursos hídricos limitados, algumas práticas vêm sendo desenvolvidas. Dentre estas práticas destacam-se o uso da adubação, com base no emprego de fertilizantes, que favorecem a aquisição de nutrientes pelas plantas em condições de salinidade (SILVA et al., 2011). Trabalhos conduzidos por Gurgel et al. (2010) e Sá et al. (2016) observaram reduções dos efeitos prejudiciais de água de alta salinidade com o emprego da adubação potássica no cultivo do meloeiro e algodão, respectivamente.

O potássio é vital para a fotossíntese, e, em situações de deficiência, provoca redução da taxa fotossintética e aumento na respiração, resultando na diminuição do acúmulo de carboidratos (Novais et al., 2007); favorecendo a formação e translocação de carboidratos e seu uso eficiente melhora a qualidade do produto e, conseqüentemente, o seu valor de mercado (Filgueira 2005). Além disso, o potássio está relacionado com a turgescência celular, o potencial osmótico, abertura e fechamento dos estômatos (Romheld, 2005). Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as relações hídricas, os pigmentos fotossintéticos e o crescimento da aceroleira enxertada submetida a irrigação com águas de altas e baixas salinidade e adubação potássica.

6.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em condições de casa de vegetação, no período de julho de 2016 a julho de 2017, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7° 15' 18'' latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude de 550 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, usando o arranjo fatorial 2 x 4 cujos tratamentos consistiram em dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da recomendação de MUSSER, 1995) com uma planta por parcela. A dose referente a 100% correspondeu 33,0 g de K₂O por planta, anualmente.

As águas de irrigação nos respectivos valores de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento (CEa = 1,40 dS m⁻¹) do município de Campina Grande, PB, com base na relação entre CEa e a concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = 10*CEa dS m⁻¹) extraída de Richards (1954). A água de menor condutividade elétrica (CEa) (0,8 dS m⁻¹) foi obtida a partir da diluição de água de abastecimento com água de chuva.

Na base inferior de cada lisímetro foi instalado um dreno, utilizou-se uma mangueira com 4 mm de diâmetro para a drenagem do excesso de água conectada em recipiente para avaliação da água drenada e posterior determinação do consumo de água pelas plantas. A extremidade do dreno no interior do vaso foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo material de solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 2) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Donagema et al. (2011).

Tabela 2. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

		Características químicas						
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes- condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS- Relação de adsorção de sódio; PST- Percentagem de sódio trocável.

Como porta-enxerto foram utilizadas mudas de acerolas Criolas, provenientes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. No momento do transplântio, as mudas estavam com idade de 240 dias. Durante o período de aclimação no ambiente de casa de vegetação, as plantas de acerolas foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Utilizaram-se como variedade copa, a BRS 366 Jaburu. Esta cultivar destaca-se pela sua elevada produtividade (57 t ha^{-1}), além do alto teor de vitamina C ($2.648 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). As plantas possuem altura em torno de 1,87 m e diâmetro da copa de 2,18 m. Quando maduros, os frutos são brilhosos e possui peso médio de 4 a 5 g em estágio verde, apropriado para a obtenção de vitamina C, e 6 a 7 g, após o amadurecimento (EMBRAPA, 2012).

Antes do transplântio das mudas, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo, utilizando-se a água de cada tratamento. Após o transplântio, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada lisímetro, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10.

A adubação com fósforo e nitrogênio também foram baseados conforme recomendação de Musser (1955), sendo aplicado o equivalente a 250 e 53 g por planta, respectivamente, de superfosfato simples e ureia. O fósforo foi aplicado todo em fundação. Já o nitrogênio e o potássio, conforme a dose, foram parcelados em 12 aplicações iguais, sendo estas realizadas mensalmente. Para suprir prováveis deficiências de micronutriente na aceroleira, foram aplicados semanalmente, solução de Ubyfol contendo $1,5 \text{ g L}^{-1}$ [(N (15%); P_2O_5 (15%); K_2O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)].

Avaliaram-se aos 340 dias após o transplântio, os teores de clorofila *a* (*Cl a*) e *b* (*Cl b*), carotenóides (*Car*), potencial osmótico foliar (ψ_s), déficit de saturação hídrica (DSH), percentual de dano na membrana celular (%D), e no período de 30 a 340 DAT mensurou-se a taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto (TCRdp), no ponto da enxertia (TCRdpe) e do enxerto (TCRde). Para determinação do potencial osmótico foliar da aceroleira, folhas do terço médio das plantas foram coletadas em cada parcela experimental, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas na temperatura de $5 \text{ }^\circ\text{C}$; para extração do suco celular, as amostras foram colocadas em tubos para centrifugação a 10000 rpm durante 10 minutos; o ponto de congelamento das amostras foi mensurado através da leitura de alíquotas

de 5 mL em osmômetro microprocessador (PZL 1000) encontrando-se, desta forma, a osmolalidade da amostra em mOsm kg⁻¹ H₂O, sendo convertido em MPa, conforme recomendação contida em Bagatta et al. (2008), através da Eq.1:

$$\psi = -C \times 2,58 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Em que: ψ s (MPa) = potencial osmótico foliar - MPa; C= osmolalidade da amostra - mOsm kg⁻¹ H₂O, encontrada na leitura do osmômetro.

No sentido de avaliar a capacidade de desruptura da membrana celular sob condições de estresse salino foi determinado o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletadas, também no terço médio das plantas, 4 discos foliares de 113 mm² de área lavados com água destilada, visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, em seguida, foram acondicionados em becker, com 50 mL de água bidestilada e fechados hermeticamente com papel alumínio. Durante 120 minutos às amostras ficaram em temperatura de 25 °C, e procedida a condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, conduziu-se os beckers à estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80 °C, durante 150 minutos, quando então foi procedida novamente a mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular foi obtido de acordo com Scotti-Campos et al. (2013), conforme Eq .2:

$$\%D = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (2)$$

Em que: %D = percentual de dano na membrana celular (%); Ci= condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹); Cf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

Determinou-se aos 340 DAT também o déficit de saturação hídrica seguindo a metodologia descrita por Taiz & Zeiger (2013), conforme Eq. 3:

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

Em que: DSH = déficit de saturação hídrica (%); MF= massa fresca de folha (g); MT= massa túrgida (g); MS = Massa seca (g).

Avaliaram-se os teores de clorofila *a* (Cl *a*) e *b* (Cl *b*), carotenóides (Car), seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice do ramo quaternário. A partir dos extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações: Clorofila *a* (Cl *a*) = 12,21 ABS663 – 2,81 ABS646; Clorofila *b* (Cl *b*) = 20,13 A646 – 5,03 ABS663; Carotenoides totais (Car) = (1000 ABS470 – 1,82 Cl *a* – 85,02 Cl

b)/198. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ MF.

A TCR para diâmetro do porta-enxerto, no ponto da enxertia e do enxerto foram determinadas de acordo com Benincasa (2003), conforme Eq. 4.

$$TCR = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

Em que: TCR = Taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule (mm mm⁻¹ d⁻¹),

DC₁ = altura de planta (cm) no tempo t₁,

DC₂ = altura de planta (cm) no tempo t₂,

ln = logaritmo natural.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos foram realizados testes de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os níveis salinos da água e análise de regressão para o fator doses de potássio. Quando a interação entre os fatores (NS x DK) foi significativa (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) realizou-se o desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis salinos, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2011).

6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do resumo da análise de variância (Tabela 3) constata-se efeito significativo da interação entre os fatores níveis salinos e doses de potássio (NS x DK), para a variável percentual de dano na membrana celular (%D) (p < 0,01). Quando se estudou os fatores isolados, verificou-se efeito significativo (p < 0,05), dos níveis salinos da água sobre o potencial osmótico foliar (ψs) e das doses de potássio para o déficit de saturação hídrica foliar na aceroleira, aos 340 dias após o transplântio.

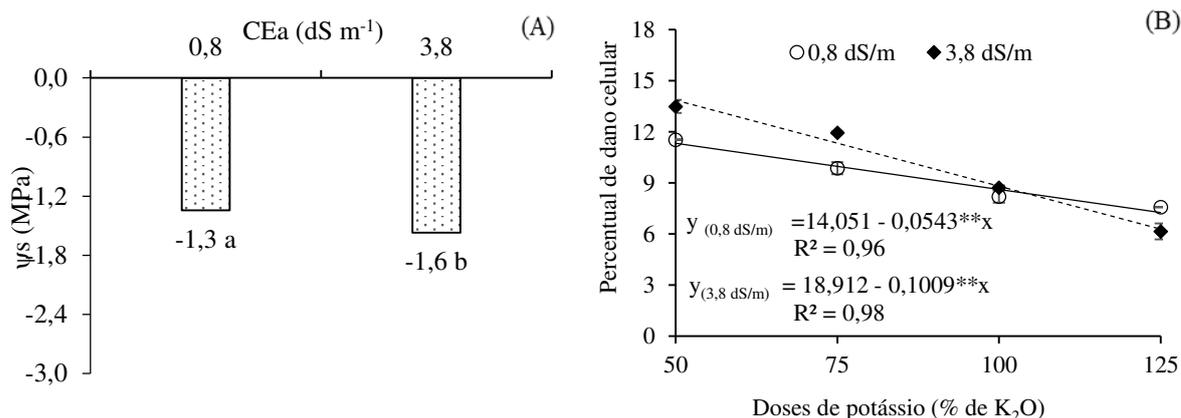
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao potencial osmótico foliar (ψs), percentual de dano na membrana celular (%D) e déficit de saturação hídrica (DSH) das plantas de aceroleira enxertada, irrigada com águas salina e adubada com diferentes doses de potássio, aos 340 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		ψS	%D	DSH
Níveis salinos (NS)	1	0,3106**	7,4416**	8,6025 ^{ns}
Doses de K (DK)	3	0,0774 ^{ns}	76,415**	18,103*
Regressão Linear	1	0,0524 ^{ns}	127,67**	5,4890*
Regressão Quadrática	1	0,0092 ^{ns}	122,236**	11,578*

Interação (NS x DK)	3	0,0524 ^{ns}	17,387 ^{**}	44,507 ^{ns}
Blocos	2	0,0092 ^{ns}	0,1762 ^{ns}	0,0075 ^{ns}
Resíduo	14	0,0090	0,5732	3,5128
CV (%)		4,23	4,57	3,51

^{ns}, ^{**}, ^{*}, não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente.

Através do teste de comparação de médias referente ao potencial osmótico foliar da aceroleira (Figura 2A), verifica-se que as plantas sob irrigação com água de menor condutividade elétrica ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) diferiram de forma expressiva das que receberam o maior nível salino ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) e se comparando as médias entre os tratamentos, nota-se que as plantas irrigadas com água de CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, alcançaram o maior potencial osmótico nos tecidos foliares ($-1,30 \text{ MPa}$). Contudo, observa-se que as plantas que receberam água de elevada salinidade alcançaram o menor ψ_s ($-1,60 \text{ MPa}$). Desta forma, a redução no status energético da água nos tecidos foliares nas plantas, obtido através da diminuição do ψ_s de aceroleira cultivada no maior nível de CEa, pode estar associada a uma estratégia de aclimação das plantas ao aumento da concentração salina na solução do solo, possibilitando a hidratação dos tecidos vegetais e assim, retardando os processos deletérios causados pelo déficit hídrico em função do aumento da concentração osmótica da solução do solo (SANTOS et al., 2012). Diminuição no potencial osmótico foliar em decorrência da irrigação com água salina também foram observadas em outras culturas, como por exemplo: pinhão-manso (SILVA et al., 2009), amendoim (SANTOS et al., 2012) e mamoneira (LIMA et al., 2015).



Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 2. Potencial osmótico - ψ_s (A), em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e percentual de dano na membrana celular (B) da aceroleira enxertada, em função da interação entre os níveis de salinidade da água e doses de potássio, aos 340 dias após o transplântio.

Nota-se através das equações de regressão, referentes ao percentual de dano na membrana celular - %D (Figura 2B), que as plantas submetidas aos níveis de CEa de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹ se ajustaram ao modelo linear, verificando-se que as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,8 dS m⁻¹ diminuiu linearmente o %D à medida que se elevaram as doses de potássio, com redução de 9,66% para cada aumento de 25% na dose de K₂O, ou seja, as plantas adubadas com maior dose de potássio (125% de K₂O) tiveram redução no %D na ordem de 4,07% em comparação com as que receberam 50% da recomendação de K₂O. As plantas de aceroleira irrigadas com CEa de 3,8 dS m⁻¹ também tiveram diminuição no %D, cujo o declínio foi de 13,33% por incremento de 25% da recomendação de K₂O, equivalente à redução em cerca de 48% no %D das plantas de aceroleira adubadas com dose de K₂O de 125% em relação às receberam dose de potássio de 50% da recomendação de Musser (1995). O dano na membrana celular é ocasionado pela liberação de íons, proporcionando maior perda na integridade e desestabilização na membrana celular, sendo a quantidade de lixiviados determinada de forma que quanto maior o conteúdo extravasado da célula, maior dano é ocasionado na membrana celular (ATAÍDE, 2012), podendo indicar um mecanismo que evita a dessecação dos tecidos em razão da redução do componente osmótico foliar (FIOREZE et al., 2013).

O déficit de saturação hídrica (DSH) das plantas de aceroleira ajustou-se a um modelo quadrático em função das doses de K₂O e conforme a equação de regressão (Figura 3) verifica-se incremento no DSH até a dose de 74% K₂O (64,15%), a partir desta dose, houve redução no déficit de saturação hídrica, sendo obtido o menor valor para esta variável nas plantas de aceroleira cultivadas sob adubação com 125% da recomendação de K₂O (59,93%). A diminuição no DSH da aceroleira se deve especialmente, às funções desempenhadas pelo o K no metabolismo das plantas, visto que, este macronutriente participa da manutenção do equilíbrio iônico e da turgidez das células, através do controle da abertura e do fechamento dos estômatos (GURGEL et al., 2010). Sá et al. (2017) observaram avaliando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades (CEa entre 0,6 e 3,8 dS m⁻¹) e adubação com diferentes proporções de nitrogênio e fósforo (100:100% a 140:140% da dose recomendada de N e P), sobre as relações hídricas da mesma cultivar, aos 45 dias após o transplântio, redução no déficit de saturação hídrica foliar, independentemente dos níveis de salinidade da água de irrigação.

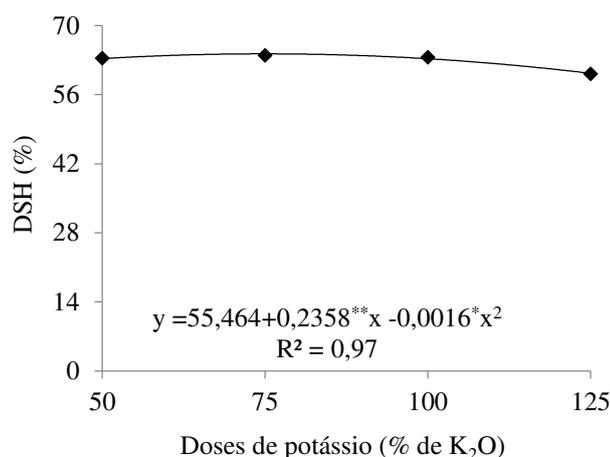


Figura 3. Déficit de saturação hídrica foliar –DSH da aceroleira enxertada, em função das doses de potássio, aos 340 dias após o transplantio.

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 4), percebe-se a interação entre os fatores (NS x DK) de forma significativa ($p < 0,01$) apenas para o teor de clorofila *b* (*Cl b*). Já o fator níveis salinos, promoveu diferença relevante para as variáveis teor de clorofila *a* (*Cl a*), taxa de crescimento relativo do diâmetro no ponto da enxertia e enxerto da aceroleira. As doses de potássio promoveram efeito significativo apenas as variáveis teores de clorofila *a* (*Cl a*) e *b* (*Cl b*), carotenoides (*Car*) da aceroleira.

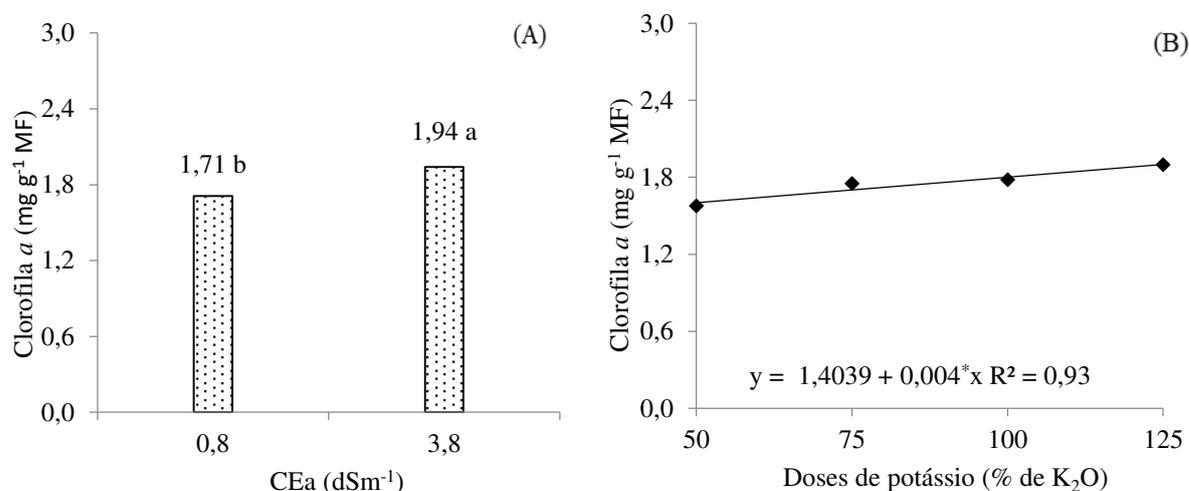
Tabela 4. Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a* (*Cl a*) e *b* (*Cl b*), carotenoides (*Car*), aos 340 dias após o transplantio e, taxa de crescimento relativo do diâmetro do porta-enxerto (TCRdp), no ponto da enxertia (TCRdpe) e do enxerto (TCRde) das plantas de aceroleira enxertada irrigada com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, no período de 30 a 340 DAT.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Car</i>	TCRdp	TCRdpe	TCRde
Níveis salinos (NS)	1	0,3209*	0,0105 ^{ns}	0,0153 ^{ns}	7,6964 ^{ns}	0,000002**	0,000003**
Doses de K (DK)	3	0,2502*	0,0356**	0,0453*	1,6681 ^{ns}	5,146677 ^{ns}	1,481111 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,1410 ^{ns}	0,0153*	16,078**	0,0001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,2015*	0,0453**	0,6221 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Interação (S x DK)	3	0,0535 ^{ns}	0,0376**	2,2095 ^{ns}	7,7184 ^{ns}	8,901965 ^{ns}	1,350627 ^{ns}
Blocos	2	0,0774 ^{ns}	0,0102 ^{ns}	2,3795 ^{ns}	2,9059 ^{ns}	6,725634 ^{ns}	5,135481 ^{ns}
Resíduo	14	0,0471	0,0043	1,4312	4,4726	1,3054	2,3343

CV (%)	3,40	4,33	2,43	4,47	4,30	3,33
--------	------	------	------	------	------	------

^{ns}, ^{**}, ^{*}, não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente.

A clorofila *a* (*Cl a*) da aceroleira foi influenciada expressivamente pelo aumento na salinidade da água de irrigação e de acordo com o teste de médias (Figura 4A) nota-se que as plantas cultivadas com água de condutividade elétrica de 0,8 dS m⁻¹ tiveram um teor de *Cl a* estatisticamente inferior ao das que estavam sob irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹, sendo observados valores de 1,71 e 1,94 mg g⁻¹ MF *Cl a* das plantas de aceroleira irrigadas com águas de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹, respectivamente. A clorofila constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade à diferentes ambientes e condições adversas ocasionadas pelos variados tipos de estresse (AMARANTE et al., 2007). Portanto, o incremento na síntese de clorofila, em consequência da irrigação com água salina (3,8 dSm⁻¹) pode estar associado a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético, e aparentam ser uma implicação direta do próprio desenvolvimento dos cloroplastos, através da ampliação no número de tilacóides ou, até mesmo, do aumento no número de cloroplastos (SILVA et al., 2016).



Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 4. Clorofila *a* (*Cl a*) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e adubação potássica (B), aos 340 dias após o transplante.

A aplicação de potássio em doses crescentes influenciou positivamente o teor de clorofila *a* da aceroleira. De acordo com a equação de regressão (Figura 4B), verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo linear e crescente, cujo o acréscimo foi de 7,12% para cada aumento de 25% na dose de K₂O, ou seja, quando as plantas foram adubadas com a dose de 125% da recomendação de K₂O ocorreu um aumento de 0,30 mg g⁻¹ MF no teor de *Cl a*, em comparação as plantas que receberam adubação com 50% da recomendação de K₂O. Com isso, o incremento

nos teores de clorofila em função das doses de K, pode estar relacionado com as funções fisiológicas deste macronutriente, tendo em vista que o potássio participa no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato (RUAN & HARDTER, 1999), enzima-chave na regulação do metabolismo do nitrogênio (VIANA & KIEHL, 2010). Desta forma, o K₂O pode ter favorecido a síntese proteica e a formação de clorofila na aceroleira, pois, o nitrogênio é utilizado na síntese de compostos celulares.

A interação entre a salinidade da água de irrigação e as doses de potássio influenciaram o teor de clorofila *b* (Cl *b*) da aceroleira, onde pode-se observar que as plantas que receberam água de baixa condutividade elétrica (0,8 dS m⁻¹), obtiveram o valor máximo estimado de 0,84 mg g⁻¹ MF na dose de 116% de recomendação de K₂O e a partir desta dose houve um decréscimo no teor de clorofila *a* das plantas. Já quando as plantas foram irrigadas com água de 3,8 dS m⁻¹, percebe-se ajuste ao modelo de regressão quadrática com o aumento das doses de potássio, sendo que a partir da dose de 71% (0,699 mg g⁻¹ MF) as plantas irrigadas com a maior condutividade elétrica tiveram uma redução acentuada nos teores de clorofila *b*.

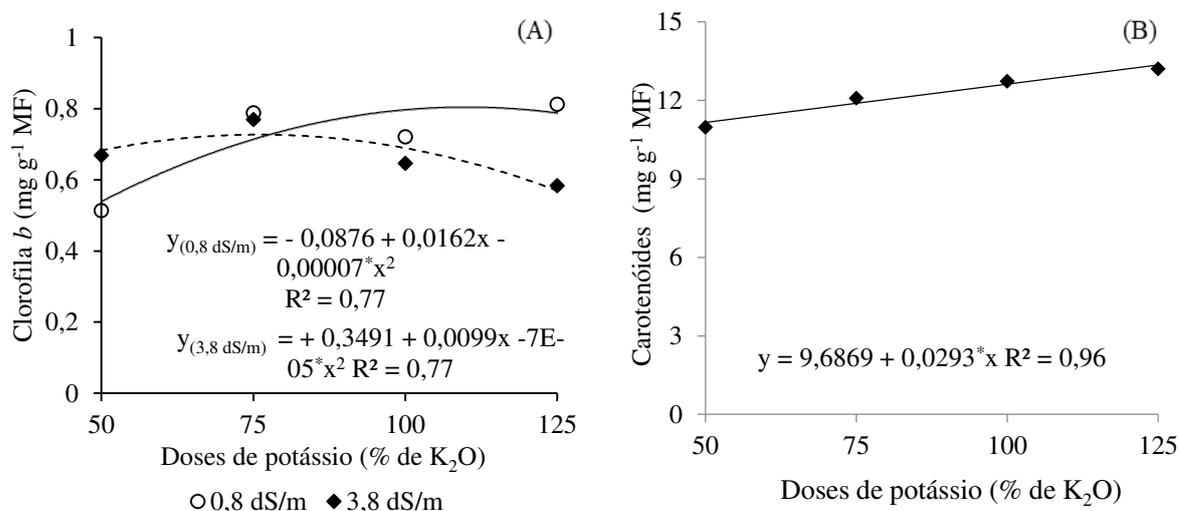


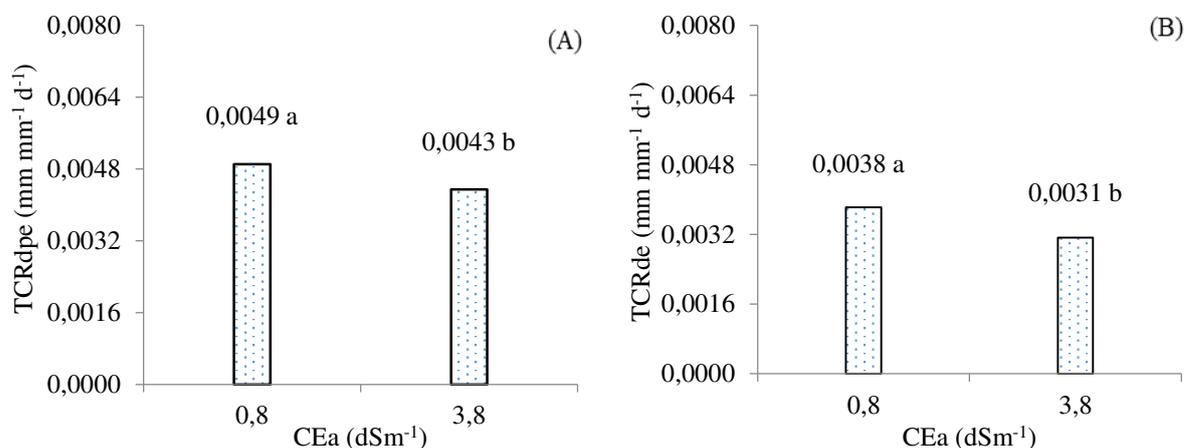
Figura 5. Teor de clorofila *b* em função da interação entre os fatores níveis de salinidade da água – CEA e doses de potássio (A) e carotenóides da aceroleira, em função das doses de potássio (B), aos 340 dias após o transplantio.

Segundo Santos (2004), a enzima clorofilase é estimulada a sintetizar clorofila nos primeiros dias de exposição ao estresse (estresse moderado), entretanto, essa atividade é fortemente inibida por alta concentração salina. Contudo, pode-se inferir que a adubação potássica influencia positivamente no índice de clorofila, desde que seja ofertada na quantidade adequada, pois além de aumentar a assimilação e transporte de nitrogênio; o potássio é

responsável pelo movimento das células-guarda dos estômatos, que regula a entrada de CO₂ que serve de combustível para a fotossíntese conforme relatado por Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2012).

O teor de carotenoides da aceroleira aumentou de forma significativa à medida que se elevaram as doses de K₂O, e conforme equação de regressão (Figura 5B) ocorreu um aumento de 7,56% para cada incremento de 25% nas doses de potássio. Ao comparar o teor de carotenoides das plantas de aceroleira adubadas com 125% de K₂O em relação as que receberam 50% da recomendação, verifica-se aumento de 2,2 mg g⁻¹ MF. O aumento do conteúdo de carotenoides foliar pode ser atribuído a uma estratégia na tentativa de minimizar danos ao aparato fotossintético. Ressalta-se ainda que os carotenoides são considerados pigmentos acessórios, pois a luz absorvida por eles é transferida para a clorofila para o processo de fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Verifica-se que a taxa de crescimento relativo do diâmetro no ponto da enxertia e do enxerto das plantas de aceroleira submetidas a irrigação com água de 0,8 dS m⁻¹ foi significativamente superior aos valores encontrados para as que estavam submetidas ao maior nível salino da água (3,8 dS m⁻¹), com uma redução na TCRdpe e TCRde, de 11,30 e 18,06%, equivalente a uma diminuição no crescimento de 0,0006 e 0,000069 mm mm⁻¹ dia⁻¹ respectivamente, em relação às que estavam sob CEa de 0,8 dS m⁻¹, (Figuras 6A e 6B).



Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 6. Taxa de crescimento relativo do diâmetro no ponto da enxertia – TCRdpe (A), e do enxerto - TCRde (B), da aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, no período de 30 a 340 dias após o transplântio.

A redução na taxa de crescimento é causada pelo aumento da salinidade do solo, na medida em que as plantas são irrigadas com águas salinas, a concentração de sais no solo aumenta muito acima de um limite tolerável, a taxa de crescimento da maioria das espécies

vegetais diminuí progressivamente, devido à dificuldade na absorção de água em virtude da diminuição do potencial osmótico da solução do solo (GURGEL et al., 2003). Sá et al. (2018) também relataram, estudando o crescimento da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu sob condições salinas (CEa: 0,6 a 3,8 dS m⁻¹), diminuição na taxa de crescimento absoluto e relativo para o porta-enxerto e enxerto em função do aumento da salinidade da água, durante o período de 1-150 dias após o transplantio.

6.1.4 CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica 3,8 dS m⁻¹ afeta negativamente os teores de pigmentos fotossintéticos e o crescimento da aceroleira, na fase de floração.

Doses crescentes de potássio diminuí o percentual de dano na membrana celular e promovem aumento na síntese de clorofila *a* e carotenoides das plantas de aceroleira.

Houve interação significativa entre os fatores níveis salinos e doses de potássio para déficit de saturação hídrica, percentual de dano na membrana celular e teor de clorofila *b* da aceroleira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 33, n.1, p. 541-545, 2011.
- AMARANTE, L. do; OLIVEIRA, C. D. S.; ZENZEN, M. L.; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de brady rhizobium sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p. 906-908, 2007
- APPEZZATO-da-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 3. ed. rev. e ampl, Viçosa: Ed. UFV, 2012. 404p.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- ATAÍDE, G. M.; FLORES, A. V.; BORGES, E. E. L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de *Pterogyne nitens* Tull. durante o envelhecimento artificial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.71-76, 2012.

- BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the osmotic adjustment response within the Genus Beta. **Journal of Sugar Beet Research**, v.45 n.3, p. 119-131, 2008.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- CABANERO, F. J.; MARTÍNEZ, V.; CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux which determines calcium uptake? **Plant Science**, v. 166, n.2, p.443-450, 2004.
- DEMBITSKY, V.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v.44, n.7, p. 1671-1701, 2011.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Agroindústria Tropical. **Cultivar Acerola BRS 366-Jaburu**. Fortaleza: Embrapa CNPAT, 2012. 2p.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F, W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.399-410, 2013.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2005. 421 p.
- FIGUEIRE, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. do A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F J. DE S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.451-456, 2003.

- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- JIANG, J.; LIU, G.; YAO, R.; YU, S. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 137, s.n., p. 78-88, 2012.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. dos. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.13, p.1581-1594, 2015.
- MEZADRI, T.; PACHÓN, F.; SOLEDAD, M.; VILLAÑO, D.; PARRÍLLA, G.; CARMEN, M.; TRONCOSO, A. M. El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56, n.2, p.101-109, 2006.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (ed.). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p.47-52.
- NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTÍNEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulation**, v. 41, n.3, p. 237-245, 2003.
- NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F. de; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.758-765, 2009.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.929-937, 2011.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, Agriculture Handbook, 60).

- ROMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, 2005. p.301-319.
- RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of different types of tea. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.1, p.47-52, 1999.
- SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; PAIVA, E. P. de; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. de A.; FERREIRA NETO, M. Water relations and gas exchanges of west indian cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**, v.9, n.10; p.168-177, 2017.
- SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; PAIVA, E. P. de; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. de A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of the acerola (*Malpighia emarginata*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.22, n.3, p.00-00, 2018.
- SÁ, F. V. S.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, L. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; PAIVA, E. P.; DIAS, A. S. Salt stress, nitrogen and potassium fertilization on growth and fiber quality of colored cotton. **International Journal of Current Research**, Lucknow, v.8, n.8, p. 36796-36801, 2016.
- SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, v.103, n.1, p.93-99, 2004.
- SANTOS, D. B. DOS; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G. DE; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, v.30, n.2, p.69-74, 2012.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v.25, n.12, p.1002-1013, 2013.
- SILVA, A. R. A. da; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.de; SOUSA, C. H. C.de; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente**, v.10, n.4, p.317-325, 2016.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v. 68, n.1, p.62-68, 2011.

- SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. de; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- VIANA, E. M.; KIEHL, J. de C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v.69, n.4, p.975-982, 2010.

6.2 TROCAS GASOSAS, RENDIMENTO QUÂNTICO E PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS DA ACEROLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Resumo: Os recursos hídricos da região semiárida do Nordeste Brasileiro apresentam elevadas concentrações de sais, comprometendo a qualidade da água para agricultura. Desta forma, a adoção de práticas de manejo que viabilizem o uso de tais recursos na agricultura é fundamental. Nesse viés, este trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas, o rendimento quântico e os pigmentos fotossintéticos da acerola enxertada submetida ao estresse salino e adubação potássica em condição de casa de vegetação no município de Campina Grande-PB. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, sendo constituídos de dois níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da dose recomendada para a cultura), com três repetições. A dose de 100% correspondeu a 33 g de K₂O. As trocas gasosas, a fluorescência da clorofila *a* e os pigmentos fotossintéticos da aceroleira são afetados negativamente pela irrigação com água de condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹ que compromete o aparato fotossintético da planta, situação observada através da redução da eficiência quântica do fotossistema II. As doses de potássio crescentes promovem incremento na transpiração, fluorescência máxima da clorofila *a* e no teor de clorofila *b* da aceroleira cultivada sob estresse salino. As doses de potássio estudadas não atenuam os efeitos negativos da irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹ sobre a eficiência quântica potencial da acerola.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, Fisiologia. Potássio. Salinidade.

GASEOUS EXCHANGES, QUANTUM YIELD AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF THE WEST INDIAN CHERRY UNDER SALINE STRESS AND POTASSIUM FERTILIZATION

Abstract: The water resources of the semi-arid region of the Brazilian Northeast generally present high concentrations of salts, compromising the water quality for agriculture. In this context, the adoption of management practices that make feasible the use of such resources in agriculture is fundamental. Thus, the objective of this study was to evaluate the gas exchange, quantum yield and photosynthetic pigments of the West Indian cherry grafted subjected to saline stress and potassium fertilization under greenhouse conditions in the municipality of Campina Grande-PB. The treatments were distributed in randomized blocks, consisting of two levels of electrical conductivity of the water - ECw (0.8 and 3.8 dS m⁻¹) and four doses of

potassium (50, 75, 100 and 125% of the recommended dose for crop), with three replicates. The dose of 100% corresponded to 33.0 g of K₂O. The gas exchanges, the fluorescence of chlorophyll and the photosynthetic pigments of the West Indian cherry are negatively affected by irrigation with water of electrical conductivity of 3.8 dS m⁻¹ which compromises the photosynthetic apparatus of the plant, a situation observed through the reduction of the quantum efficiency of photosystem II. Increasing potassium doses promote increase in transpiration, maximum fluorescence of chlorophyll *a* and chlorophyll *b* content of the West Indian cherry cultivated under salt stress. The potassium doses studied do not attenuate the negative effects of irrigation with water of 3.8 dS m⁻¹ on the potential quantum efficiency of the West Indian cherry.

Keywords: *Malpighia emarginata*, Physiology, Potassium, Salinity.

6.2.1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata*) possui fruto que têm se destacado pelo seu gosto agradável, elevados teores de vitamina C, A, do complexo B, ferro, cálcio (SÁ et al., 2017), antocianinas e de carotenoides, compostos que exercem efeitos benéficos à saúde humana pela sua reconhecida ação antioxidante (MACIEL, et al., 2010). A cultura se adapta aos mais diversos climas e pode ser encontrada em várias regiões do planeta, porém o seu cultivo comercial concentra-se em regiões tropicais e subtropicais (ADRIANO et al., 2011), a exemplo, das encontradas no território brasileiro.

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador deste fruto no mundo e no país, a aceroleira distribui-se nas regiões Nordeste, Norte, Sul e Sudeste (ADRIANO et al., 2011), destacando-se a região Nordeste, por suas condições de solo e clima, onde melhor se adapta. Nesta região sua produção chega a 22.964 toneladas por ano, em uma área de 7.237 ha, o que representa cerca de 70% da produção do país, destacando a cultura como uma alternativa promissora para a região nordeste, devido as perspectivas para o mercado fruticultor, constituindo-se em fonte de renda para os produtores rurais (CAETANO, 2010).

Apesar das boas perspectivas para o cultivo da aceroleira, o semiárido do Nordeste brasileiro apresenta riscos para o seu cultivo, devido à escassez dos recursos hídricos em aspectos quantitativos e qualitativos. Além disso, as fontes hídricas desta região, comumente, apresentam elevadas concentrações de sais, especialmente o sódio e cloro (PÁDUA et al., 2017).

Podendo ser um fator limitante para produção agrícola viável, uma vez que, o uso de águas salinas na irrigação promove efeitos deletérios às culturas, devido à redução na disponibilidade de água para as plantas decorrente da diminuição do potencial osmótico da solução do solo, promovendo fechamento estomático e comprometendo a transpiração e a fotossíntese (SILVA et al., 2015). Além disso, provocam alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos e mudanças nas características dos sinais de fluorescência das folhas (FREIR et al., 2014), e inibem a síntese de ácido 5-aminolevulinato, que é a molécula precursora da clorofila, promovendo modificações na assimilação do nitrogênio e no metabolismo de proteínas (CAVALCANTE et al., 2011). Nesse sentido, considerando que a maioria das espécies cultivadas apresentam sensibilidade a presença de sais na água e/ou no solo, torna-se uma necessidade o desenvolvimento de pesquisas que visam a obtenção de técnicas que possam minimizar os efeitos deletérios do estresse salino sobre as plantas, já que é quase obrigatória, a utilização de águas salinas na agricultura na região semiárida do Nordeste Brasileiro (FREIRE et al., 2014).

Deste modo, o potássio vem sendo estudado como atenuante dos efeitos depressivos da salinidade da água sobre os cultivos, com intuito de viabilizar o uso destes recursos na agricultura (GURGEL; GHEYI; OLIVEIRA, 2010; PRAZERES et al., 2015). Este elemento favorece a formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água pela planta, equilibra a utilização de nitrogênio pelas plantas (ARAÚJO et al., 2012); além de atuar como ativador enzimático e osmorregulador, controlando a abertura e fechamento estomático e, seu manejo pode resultar em maior competição desse macroelemento com outros cátions, especialmente o Na^+ (HEIDARI; JAMSHID, 2010). Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da adubação potássica e da irrigação com águas de alta e baixa salinidade sobre as trocas gasosas, o rendimento quântico e os pigmentos fotossintéticos da aceroleira cv. BRS 36 Jaburu.

6.2.3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em condições de casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7° 15' 18'' Latitude S, 35° 52' 28'' de Longitude W e altitude de 550 m.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, usando o arranjo fatorial 2 x 4, cujos tratamentos consistiram de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio - DK (50, 75; 100 e 125% de K₂O, baseando-se na recomendação de Musser, (1995), com três repetições. A dose referente a 100% correspondeu a aplicação de 33,0 g de K₂O por ciclo de cultivo.

A água com condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹ foi preparada dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente; já o nível de CEa de 0,8 dS m⁻¹ foi obtido a partir da mistura de água de chuva (CEa = 0,02 dS m⁻¹), com água de abastecimento municipal (CEa = 1,40 dS m⁻¹).

Na base inferior de cada lisímetro foi instalado um dreno, utilizando-se uma mangueira com 4 mm de diâmetro para a drenagem do percolado em recipiente, bem como para a determinação do consumo de água pelas plantas e avaliação da condutividade elétrica da água drenada. A extremidade do dreno no interior do vaso foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 5) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Donagema et al. (2011).

Tabela 5. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas								
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes- condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS- Relação de adsorção de sódio; PST- Percentagem de sódio trocável.

Como porta-enxerto foram utilizadas neste estudo, mudas de acerola Criolas, provenientes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. No momento do transplântio, as mudas estavam com idade de 240 dias. Durante o período de aclimação na casa de vegetação, as mudas de acerola foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Utilizou-se como variedade copa a cv. BRS 366 Jaburu. Esta cultivar destaca-se pela sua elevada produtividade, sendo de 57 t ha^{-1} e teor de vitamina C de $2.648 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. As plantas possuem altura em torno de $1,87 \text{ m}$ e diâmetro da copa em média de $2,18 \text{ m}$. Os frutos são brilhosos, quando maduros, e possui peso médio de 4 a 5 g em estágio verde, apropriado para a obtenção de vitamina C, e 6 a 7 g , após o amadurecimento (EMBRAPA, 2012).

Antes do transplântio das mudas, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo. Após o transplântio, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada lisímetro, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de $0,10$.

A adubação com fósforo e nitrogênio foi feita conforme recomendação de Musser (1955), sendo utilizado superfosfato simples e ureia. O fósforo foi aplicado todo em fundação. Já o nitrogênio e o potássio foram parcelados em 12 aplicações iguais, sendo realizadas mensalmente. Para suprir prováveis deficiências de micronutriente na aceroleira, foram aplicados semanalmente solução de ubyfol, contendo $1,5 \text{ g L}^{-1}$ [(N (15%); P_2O_5 (15%); K_2O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)], mediante pulverizações.

Determinaram-se aos 400 dias após o transplântio, período de transição entre a fase de floração para frutificação a condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System®. Após a coleta dos dados foram quantificadas a eficiência do uso da água - EUA (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação - EiCi (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Neste mesmo período, foram mensuradas a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v) e a eficiência quântica potencial do fotossistema II (F_v/F_m) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre as 7:00 e 8:00 horas da manhã, utilizando-se um fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

Os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides foram determinados, conforme metodologia de Arnon (1949), utilizando-se 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice foram coletadas e mergulhadas em acetona a 80% e armazenadas no escuro por 48 horas. Os extratos obtidos foram submetidos a leituras em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda 470, 646, e 663 nm. Os valores observados nas leituras foram submetidos as equações: Clorofila *a* (*Cl a*) = 12,21 ABS663 – 2,81 ABS646; Clorofila *b* (*Cl b*) = 20,13 A646 – 5,03 ABS663; Carotenoides totais (*Car*) = (1000 ABS470 – 1,82 *Cl a* – 85,02 *Cl b*) / 198, para determinação dos valores de clorofila *a*, *b* e carotenoides expressos em mg g⁻¹ MF.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram realizados teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os níveis salinos da água e análise de regressão para o fator doses de potássio e, quando houve interação entre os fatores realizou-se o desdobramento do fator NS dentro de DK utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2011).

6.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Tabela 6 é possível constatar que a salinidade da água influenciou significativamente todas as variáveis analisadas com exceção eficiência do uso da água, condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂ e eficiência instantânea de carboxilação. As doses de potássio proporcionaram diferença relevante apenas para a transpiração foliar das plantas de aceroleira. A interação entre os níveis salinos e as doses de K não promoveu diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas, aos 400 dias após o transplante.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) e eficiência do uso da água (*EUA*) das plantas de aceroleira enxertada cultivada com águas salinas e doses de potássio, aos 400 dias após o transplante.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>EUA</i>	<i>EiCi</i>
Níveis salinos (S)	1	0,6240**	74,8713**	2,012**	9282,67*	3,3037 ^{ns}	0,0035**
Dose de K (DK)	3	0,0056 ^{ns}	0,9281 ^{ns}	0,393**	1262,72 ^{ns}	7,0790 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,0005 ^{ns}	0,4801 ^{ns}	0,382*	2669,63 ^{ns}	13,7769 ^{ns}	0,0001 ^{ns}

Reg. Quadrática	1	0,0012 ^{ns}	0,0273 ^{ns}	0,049 ^{ns}	1014,00 ^{ns}	1,4210 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Interação (S x DK)	3	0,0036 ^{ns}	3,1714 ^{ns}	0,126 ^{ns}	698,33 ^{ns}	10,1941 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Blocos	2	0,0405 ^{ns}	1,4757 ^{ns}	0,014 ^{ns}	571,79 ^{ns}	7,0470 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo	14	0,0132	1,0632	0,070	2021,88	3,1708	0,0001
CV (%)	-	59,31	19,01	28,17	23,59	29,13	37,85

^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

A transpiração foliar das plantas de acerola foi reduzida de forma expressiva pelo aumento da salinidade da água de irrigação, através do teste de comparação de médias (Figura 7A), verifica-se que, as plantas irrigadas com água de maior salinidade ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram uma E 46,95% inferior àquelas submetidas a irrigação com água de menor CEA ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Hussain et al. (2012) ao submeterem o citros ao estresse salino afirmam que a redução da g_s acarreta redução na difusão de CO_2 .

A mesma tendência verificada neste estudo, foi observada também por Sousa et al. (2016), em citros cultivado sob águas de diferentes salinidades ($0,6; 1,2; 1,8; 2,4$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$). Conforme estes autores, há relação entre a transpiração e a condutância estomática de modo que a redução da g_s acarreta em redução da E . Gonçalves et al. (2010), também atribuem a existência desta relação e concluíram que o fluxo de vapor de água para a atmosfera diminui à medida que os estômatos se fecham. Portanto, uma redução na condutância estomática promove declínio na transpiração foliar das plantas.

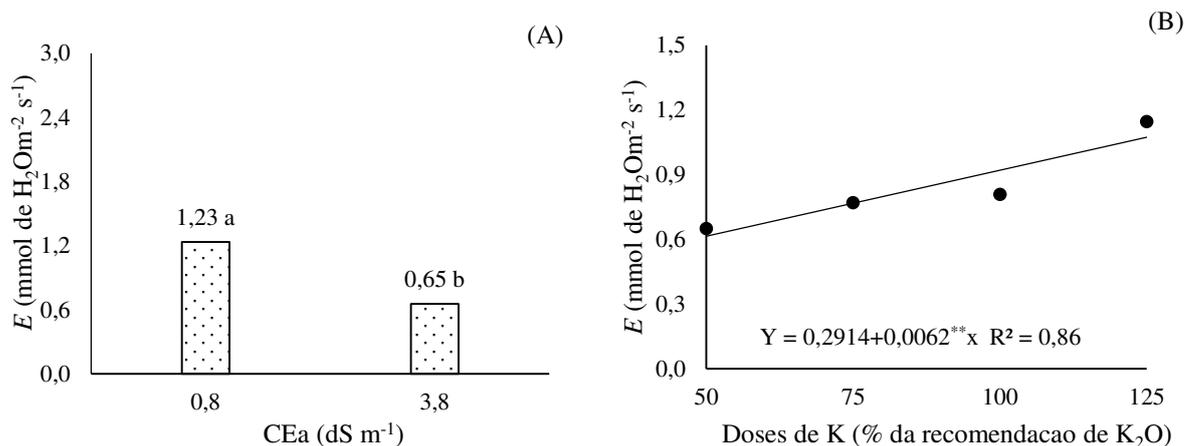


Figura 7. Transpiração – E da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEA (A) e doses de potássio, aos 400 dias após o transplantio.

O incremento da adubação potássica promoveu aumento linear na taxa de transpiração das plantas de aceroleira e, conforme equação de regressão (Figura 7B), as plantas de aceroleira submetidas a 125% da recomendação de Musser, obtiveram uma E de $1,07 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2}$

s^{-1} , equivalente a um incremento de 77,32% na E quando comparadas com aquelas que receberam apenas 50% da recomendação de K_2O . O aumento na transpiração foliar nas plantas de aceroleira reflete a importância do potássio na regulação estomática e fotossíntese das plantas, já que a taxa de assimilação de CO_2 depende da entrada deste gás na planta. Melo et al. (2014) asseguram que a acumulação de potássio na planta favorece um gradiente osmótico que facilita o movimento da água, regulando a abertura e o fechamento dos estômatos, desempenhando um papel fundamental na turgência das células, transporte de carboidratos e transpiração.

Mendes et al. (2013), ao submeterem plantas de eucalipto à restrição hídrica, semelhante ao que ocorrem em plantas sob estresse salino, verificaram que as plantas que receberam adubação potássica, apresentaram melhor desempenho fisiológico que aquelas não adubadas, apresentando melhor controle estomático e, conseqüentemente, maiores valores de A e E , sendo constatado aumento de 2,70 para 2,82 da E nas plantas com fornecimento de K . Estes autores ainda afirmam que a aplicação de K pode minimizar os efeitos negativos da deficiência hídrica.

Observa-se, através do teste de médias (Figura 8A) que, as plantas de aceroleira irrigadas com água de alta salinidade ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) exibiram uma drástica redução na condutância estomática em relação às irrigadas com águas de menor salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Comparando os resultados obtidos, estima-se que a g_s nas plantas submetidas a águas de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 90,98% inferior a observada naquelas irrigadas com águas de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$. O decréscimo na g_s da aceroleira é uma das primeiras respostas das plantas ao estresse salino. Isso ocorre como mecanismo de defesa das plantas para diminuir a perda de água via folhas para a atmosfera, já que o solo, então salino, apresenta maior resistência a absorção de água pelas raízes (SOUSA et al., 2016). Em conformidade com os resultados obtidos neste estudo, Hussain et al. (2012), também localizaram redução da g_s em diferentes genótipos de citros ao submetê-los a irrigação com águas contendo 75 mM de NaCl. Os autores afirmam que os efeitos primários da salinidade nos citros, assim como constatado neste trabalho, é a diminuição da condutância estomática.

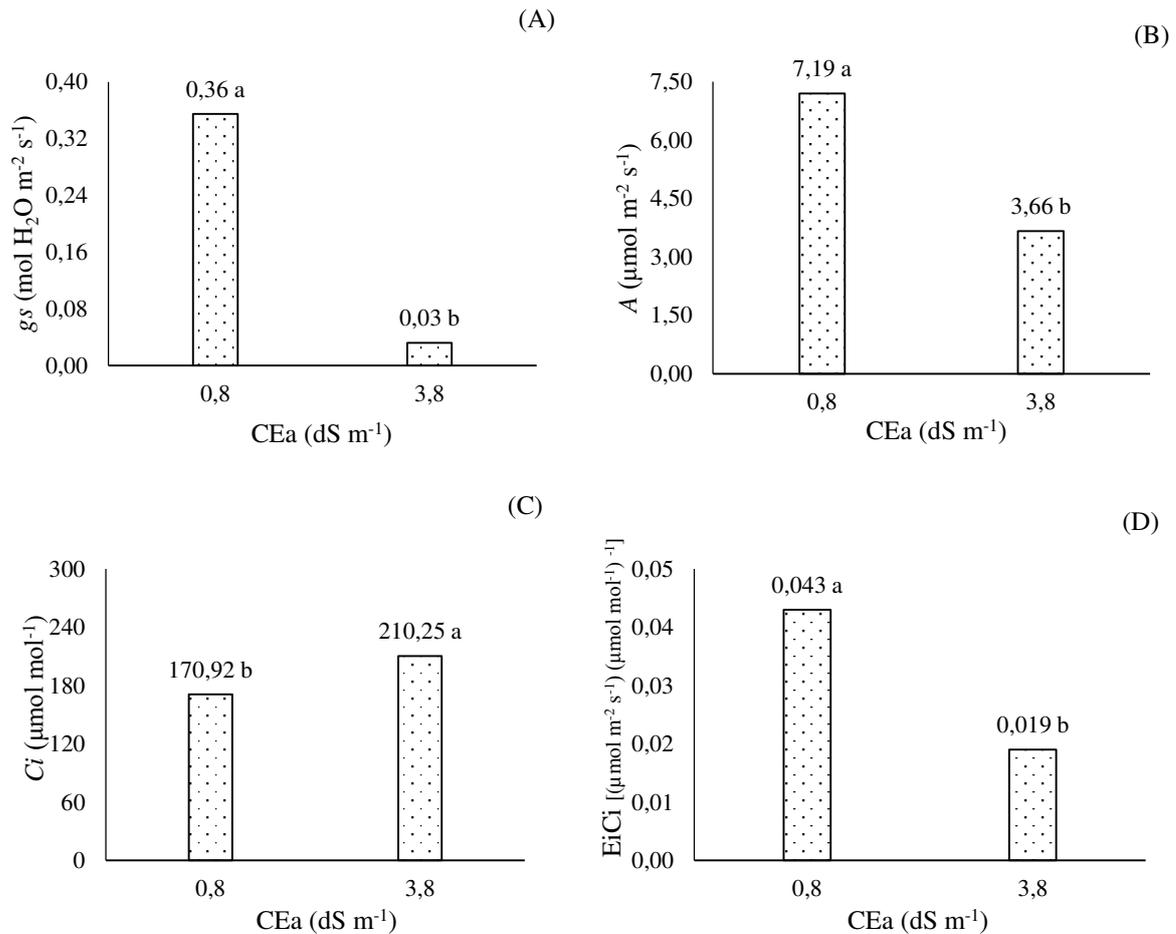


Figura 8. Condutância estomática- g^S (A) taxa de assimilação de CO₂ - A (B), concentração interna de CO₂ - C_i (C) e eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ (D) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação - CEa, aos 400 dias após o transplanto.

Mediante o teste de comparação de médias, nota-se que a irrigação com água de condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹ afetou negativamente o processo fotossintético da aceroleira (Figura 8B), sendo observada nas plantas redução de 3,53 μmol m⁻² s⁻¹ na taxa de assimilação de CO₂, em comparação com as que estavam submetidas à irrigação com água de menor nível salino, correspondente a uma diminuição de 49,13%. A redução na condutância estomática com consequente diminuição na difusão de CO₂ impacta negativamente a fotossíntese líquida (SYVERTSEN; GARCÍA-SÁNCHEZ, 2014), devido aos efeitos estomáticos limitando o processo fotossintético (PRAZERES et al., 2015; SOUSA et al., 2016).

Em trabalhos avaliando o efeito do estresse salino sobre a fotossíntese das culturas do feijão-caupi (PRAZERES et al., 2015) e dos citros (SOUSA et al., 2016) foram observados tendências semelhantes aos resultados encontrados nesta pesquisa, ou seja, a redução na taxa de assimilação de CO₂ em decorrência do aumento da salinidade da água de irrigação. Os

referidos autores comentaram que tal efeito ocorre devido ao declínio na g_s e da E , reforçando a ideia de que a transpiração influencia diretamente a taxa de assimilação de CO_2 .

Através da Figura 8C, nota-se aumento na C_i de $39,33 \mu\text{mol mol}^{-1}$ nas plantas irrigadas com água de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, em comparação com as que estavam sob irrigação com nível salino de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$. O aumento na C_i em plantas sob estresse salino, ocorre devido ao fechamento estomático que leva a perda da capacidade do mesófilo em assimilar carbono, e este quando chega às células do mesófilo não está sendo fixado (TAIZ; ZEIGER, 2013). Tal situação é um indicativo de possível comprometimento da estrutura fotossintética, uma vez que, os danos provocados nas estruturas responsáveis pela fixação de CO_2 não ocorre, tão somente, em função de fatores estomáticos, como por exemplo, pelo acúmulo de sais nas folhas (HUSSAIN et al., 2012). Os referidos autores reforçam que o acúmulo de sais nas folhas afeta negativamente processos que são essenciais para as plantas como A , g_s e F_v/F_m .

Com relação a eficiência instantânea de carboxilação, o seu estudo permite averiguar se há influência de fatores não-estomáticos sobre a fotossíntese. Conforme Silva et al. (2015), esta variável depende da disponibilidade de CO_2 no mesófilo foliar, quantidade de luz, temperatura e da atividade enzimática. Assim, a E_iC_i da aceroleira também foi influenciada negativamente pelo uso de água de CE elevada. As plantas irrigadas com água de menor CE ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram E_iC_i de $0,043 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$, enquanto as que foram submetidas a $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, obtiveram E_iC_i de $0,019 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$, ou seja, as plantas irrigadas com o maior nível de CEa apresentaram declínio de $55,81\%$ na capacidade de fixar CO_2 em relação as submetidas ao menor nível salino da água (Figura 8D). Tal fato, significa que o CO_2 nas plantas de aceroleira cultivada com água de elevada concentração de sais não está sendo totalmente fixado ao chegar às células do mesófilo, denotando, com isto, que estão ocorrendo possíveis restrições metabólicas no ciclo de Calvin destas plantas (SOARES et al., 2013), redução na síntese de açúcares no processo fotossintético (FREIRE et al. 2014), bem como substrato para a Rubisco (SILVA et al., 2015). Associado a estes fatores, à medida que o estresse torna-se rigoroso ocorre a desidratação das células mesófilas, o metabolismo mesófilico é danificado e, conseqüentemente, a eficiência da carboxilação está comprometida (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A determinação dos sinais de fluorescência da clorofila a constitui-se importante ferramenta para verificar a integridade do aparato fotossintético, bem como averiguar a possível influência de fatores não-estomáticos sobre a E_iC_i . Ao analisar as variáveis referentes a fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v , F_v/F_m) e os pigmentos fotossintéticos, $Cl a$, $Cl b$ e

carotenoides, percebe-se através do resultado do teste F (Tabela 7) influência significativa da salinidade da água de irrigação sobre todas as variáveis analisadas. As doses de potássio afetaram significativamente apenas o teor de clorofila *b* das folhas da aceroleira. A interação entre os fatores estudados (NS x DK) influenciou de forma expressiva a fluorescência máxima, eficiência quântica potencial e o teor de Cl *b*.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica potencial (Fv/Fm), teores de clorofila *a* (Cl *a*) *b* (Cl *b*) e carotenoides das folhas de aceroleira enxertada cultivada com água salina e doses de potássio, aos 400 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		Fo	Fv	Fm	Fv/Fm	Cl _a	Cl _b	Car
Níveis salinos (S)	1	4482,67**	52547,04**	22755,04*	0,8388**	1,4706*	1,5005**	76985,54**
Dose de K (DK)	3	123,833ns	5287,819ns	3596,486ns	0,0628ns	0,0573ns	0,4745**	2245,191ns
Reg. Linear	1	270,00ns	2009,008ns	484,008ns	0,0384ns	0,0162ns	1,0265**	6622,388ns
Reg. Quadrática	1	0,6667ns	5133,375ns	1584,375ns	0,1464ns	0,0827ns	0,2818*	0,2650ns
Interação (S x DK)	3	79,444ns	2732,819ns	10106,93*	0,1135*	0,3523ns	0,6875**	4429,604ns
Blocos	2	280,291ns	1625,191ns	3779,041ns	0,0290ns	0,2879ns	0,0192ns	950,9056ns
Resíduo	14	104,339	2299,386	2654,184	0,0225	0,2393	0,0456	1871,537
CV (%)	-	7,79	16,93	13,22	19,77	23,79	24,02	29,51

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Verifica-se através dos dados apresentados na Figura 9A, que a irrigação com água de condutividade elétrica de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu fluorescência inicial (Fo) de $117,42 \text{ elétrons quantum}^{-1}$ nas folhas da aceroleira, enquanto que as plantas irrigadas com CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ nota-se Fo de $144,75 \text{ elétrons quantum}^{-1}$. Alterações da Fo podem ocorrer quando há dano no centro de reação do fotossistema II, ou por uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação (BAKER; ROSENQVIST 2004). Desta forma, o aumento na concentração salina na água de irrigação promoveu dano ao centro de reação do PSII ou depleção na transferência de energia de excitação, possivelmente devido às mudanças bioquímicas e fisiológicas causadas na planta por este estresse, já que a emissão da Fo ocorre dentro do estágio rápido da fluorescência e representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II, antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P 680 (PSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (VIEIRA et al., 2010), emitida quando todos os centros de reação, adaptados ao escuro, estão abertos (GORBE; CALATAYUD, 2012).

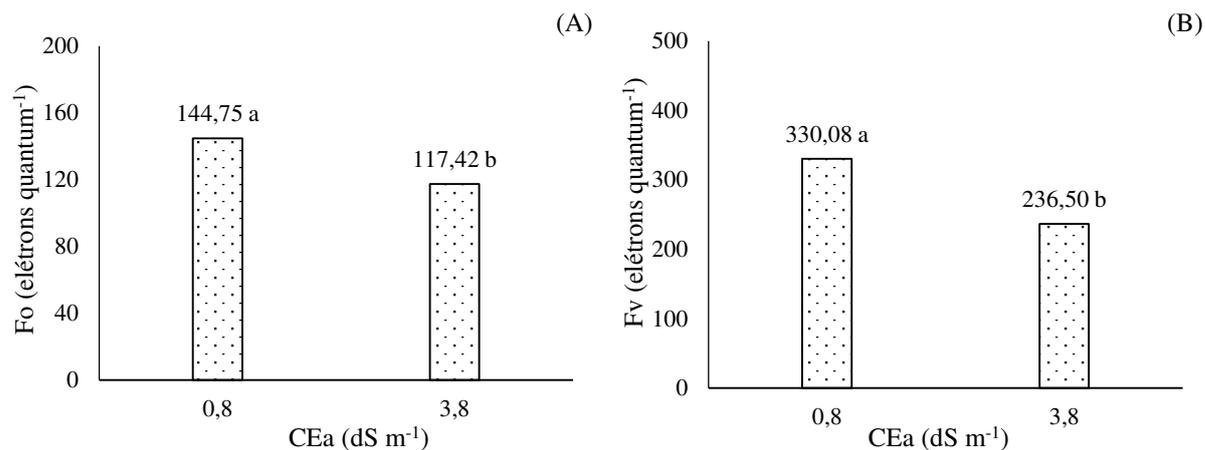


Figura 9. Fluorescência inicial - Fo (A) e variável - Fv (B) da aceroleira enxertada, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 400 dias após o transplântio.

Com tendência semelhante à Fo (Figura 9A), a fluorescência variável da aceroleira foi menor nas plantas submetidas a elevada salinidade (3,8 dS m⁻¹) da água de irrigação. Ao analisar os dados contidas na Figura 3B, constata-se que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade apresentaram valores de Fv de 330,08 elétrons quantum⁻¹, representando superioridade de 39,57% em relação as plantas submetidas a irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹. Esta redução na Fv da aceroleira reflete prejuízos à atividade fotoquímica nas folhas. Para Baker (2008), a fluorescência variável reflete a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr) e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese. Freire et al. (2014) relatam que a redução na Fv evidencia que as condições as quais as plantas foram submetidas promoveram danos no aparelho fotossintético, comprometendo conseqüentemente o PSII.

Silva et al. (2015) constataram que o maior valor de fluorescência variável (1842,13 elétrons quantum⁻¹), foi verificado com a aplicação de 166% da ET_c, representando um acréscimo de 29% em relação à aplicação de 33% da ET_c, ou seja, a maior disponibilidade de água promoveu acréscimo na Fv, o que permite inferir que não só os efeitos deletérios da salinidade, como também a redução na disponibilidade água para as plantas de acerola promovida pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo em função da irrigação com água salina tenha afetado negativamente a Fv.

A fluorescência máxima da aceroleira respondeu de forma significativa à interação entre os níveis salinos e doses de potássio, de acordo com as equações de regressão (Figura 10A), os

dados se ajustaram ao modelo quadrático. Verifica-se através das equações de regressão (Figura 4A), que nas plantas irrigadas com água de menor salinidade (0,8 dS m⁻¹) o incremento nas doses de K promoveu acréscimo na Fm até a dose estimada de 83% da recomendação de Musser (409,78 elétrons quantum⁻¹), a partir desta dose teve-se declínio na referida variável. Já sob irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹ nota-se uma redução inicial na Fm entre as doses de 50 e 70% da recomendação de K, com acréscimos a partir deste ponto, sendo verificado 468 elétrons quantum⁻¹, o maior valor para esta variável, naquelas plantas adubadas com 125% de K, o que representa equivalente a um aumento de 11,82% em relação aquelas plantas cultivadas com a dose de K de 50% da recomendação.

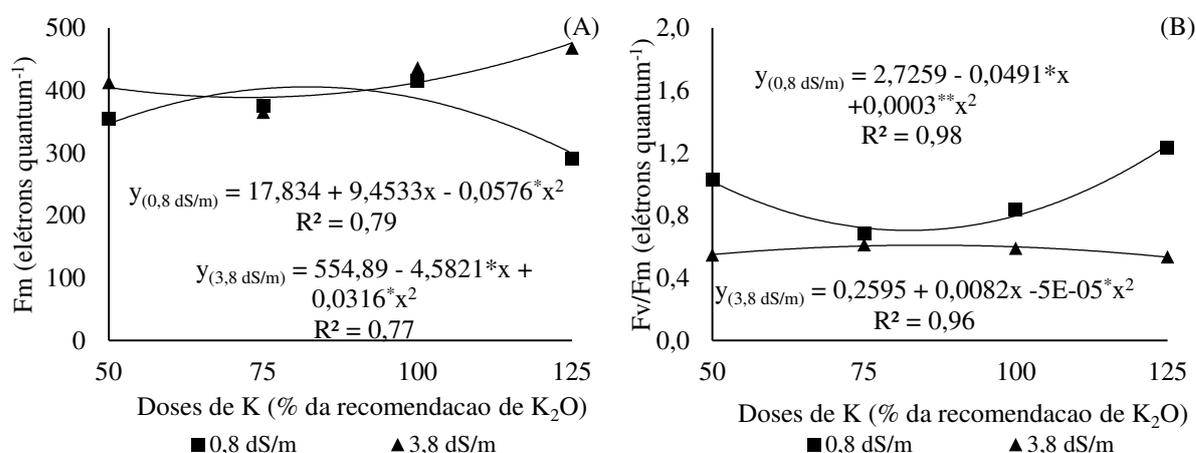


Figura 10. Fluorescência máxima – Fm (A) e eficiência quântica potencial - Fv/Fm (B) da aceroleira, em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e doses de potássio, aos 400 dias após o transplântio.

A redução da Fm observada nas plantas irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹ e adubadas com a maior dose de K (125% da recomendação de K₂O), pode ser justificado pelo uso do KCl neste trabalho como fonte de potássio, uma vez que este possui alto índice salino (116,3), e quando associado ao estresse salino pode induzir a uma redução na disponibilidade de água para as plantas como consequência da diminuição do potencial osmótico da solução do solo. Para Silva et al. (2015) a fluorescência máxima representa a intensidade máxima da fluorescência emitida, quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem sua capacidade máxima de reações fotoquímicas, processo que necessita de elétrons provenientes da água. Em contrapartida, o aumento da Fm nas plantas submetidas ao estresse salino reflete os benefícios do potássio sobre as plantas os quais, estão associados às características que conduzem a eficiência do uso da água, como a regulação da turgidez, abertura e fechamento estomático e controle da transpiração.

Assim como para a fluorescência máxima, a interação dos fatores estudados (NS x DK) também influenciou de forma significativa a eficiência quântica potencial do PSII. Através das equações de regressão (Figura 10B), verifica-se que os dados referentes a Fv/Fm das plantas de aceroleira irrigadas com água de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹ se ajustaram ao modelo quadrático. Nas plantas submetidas à irrigação com águas de 0,8 dS m⁻¹ vê-se redução da eficiência quântica naquelas plantas que receberam 75% da recomendação de K em relação as fertilizadas com 50%, entretanto, a partir desta dose ocorre aumento na Fv/Fm em função da adubação potássica onde, de acordo com a equação de regressão, estima-se o valor máximo estimado de Fv/Fm (1,23 elétrons quantum⁻¹) nas plantas de aceroleira adubada com 125% de K, representando um aumento de 16,24% na eficiência quântica em relação aquelas que receberam a dose de 50% de K. O aumento da eficiência fotoquímica em função da adubação potássica ocorre em resposta a maior atividade da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) e taxa fotossintética proporcionados pelo aumento do teor de potássio nas folhas (MENDES et al., 2013).

Com relação as plantas submetidas a irrigação com 3,8 dS m⁻¹, percebe-se mediante equação de regressão (Figura 10B), o maior valor estimado de Fv/Fm (0,59 elétrons quantum⁻¹) na dose de 83% da recomendação de K. Valores de Fv/Fm variando entre 0,75 e 0,85 indicam que o aparelho fotossintético se encontra intacto (SILVA et al., 2015). Entretanto, os valores de Fv/Fm apresentados neste estudo para as plantas irrigadas com água de 3,8 dS m⁻¹ são inferiores ao intervalo proposto independentemente da dose de K. Pode-se inferir, dessa forma que as doses de potássio testadas não foram capazes de mitigar os efeitos deletérios do estresse salino sobre o fotossistema II.

Para Freire et al. (2013), um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas (Fv/Fm) e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a ambientes adversos, é o conteúdo de clorofila e carotenoides nas folhas das plantas. Neste trabalho, os menores conteúdos de clorofila *a* (Figuras 11A) e de carotenoides (Figura 11B) foram observados nas plantas irrigadas com água de elevada salinidade (3,8 dS m⁻¹) e, comparando estes valores com aqueles apontados nas plantas cultivadas com o menor nível de CEa (0,8 dS m⁻¹), percebe-se redução nos teores de Cl *a* e de Car de 21,48 e 57,21%, respectivamente (Figura 11A e 11B). A redução no teor de clorofila, nas plantas expostas à salinidade da água, ocorre em razão do aumento da enzima clorofilase, que degrada as moléculas deste pigmento fotossintetizante (FREIRE et al., 2013). Por outro lado, a diminuição no conteúdo de carotenoides pode ser atribuída, dentre outras causas, ao fato do estresse salino promover redução da produção de pigmentos fotossintéticos, induzindo a degradação de β - caroteno, provocando uma diminuição

no teor de carotenoides, que são componentes integrados dos tilacóides, atuantes na absorção e na transferência de luz para a clorofila (SILVA et al., 2016).

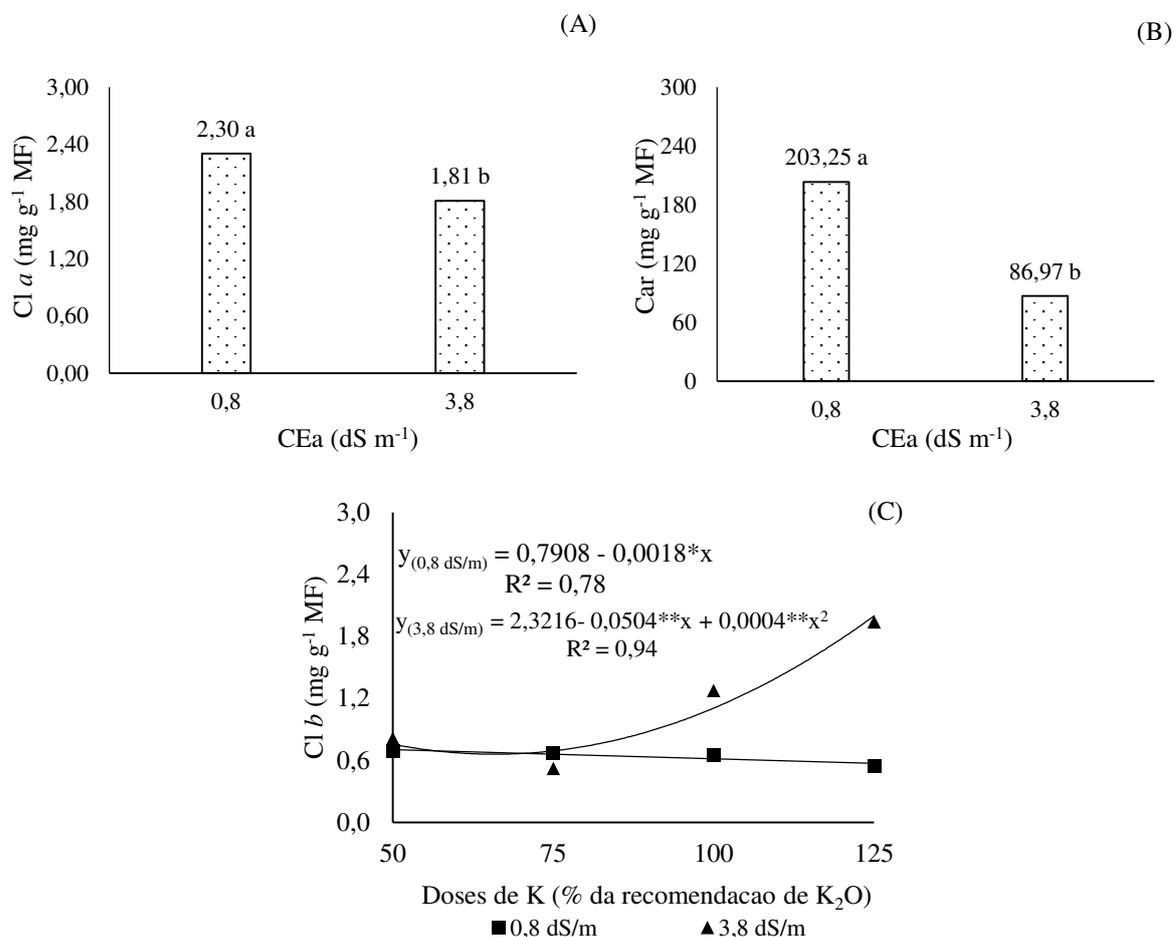


Figura 11. Teor de clorofila *a* – Cl *a* (A) de carotenoides – Car (B) em função da salinidade da água de irrigação – CEa e conteúdo de clorofila *b* – Cl *b* (C), em função da interação entre a CEa e doses de potássio.

Além disso, essas reduções podem ser consideradas como aclimação das plantas ao estresse salino imposto, na tentativa de conservar energia e, captar menos energia luminosa e diminuir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência de elétrons, evitando, dessa forma, eventuais estresses foto-oxidativos (SILVA et al., 2016). Tatagiba et al. (2014) explicam que o conteúdo de clorofila e carotenoides diminuem sob altas concentrações de sais e que as reduções significativas encontradas em A, assim como constatado neste trabalho, podem também ser atribuída à perda destes pigmentos fotossintéticos já que conforme Taiz e Zeiger (2013) estes pigmentos são parte integrante do complexo antena de captação de luz para o processo fotossintético.

Com relação ao teor de clorofila *b* da aceroleira, repara-se que a interação entre os fatores estudados (níveis salinos e doses de potássio) promoveu efeito significativo sobre o conteúdo deste pigmento nas folhas das aceroleira. Conforme a Figura 11C, observa-se que, nas plantas de aceroleira irrigadas com água de menor salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$), os dados se ajustaram melhor ao modelo linear decrescente e, de acordo com equação de regressão (Figura 11C), vê-se decréscimo de 19,26% no teor de Cl *b* nas plantas adubadas com 125% da recomendação de potássio em relação aquelas submetidas a 50%, o que representa redução de $0,14 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$. No que diz respeito ao teor de Cl *b* das plantas irrigadas com água de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, os dados obtidos ajustaram-se ao modelo quadrático e, conforme equação de regressão, nota-se redução entre as doses de 50 e 70% de K, com aumento nesta variável a partir deste ponto, alcançando o maior valor de Cl *b* ($1,94 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) nas plantas cultivadas com a dose de 125% de K. O aumento no conteúdo da Cl *b* nas folhas das plantas de aceroleira submetidas a salinidade em resposta a adubação potássica, permite inferir que a suplementação com este nutriente reduziu os efeitos deletérios do estresse salino sobre este pigmento, fato importante, já que este pigmento está diretamente ligado a fotossíntese e o seu aumento pode promover melhoria na taxa fotossintética.

Acredita-se que, assim como observado para Fm (Figura 10A), a redução do teor de Cl *b* pode ser justificado pelos possíveis efeitos negativos das elevadas doses de potássio nas plantas submetidas ao estresse salino, já constatado na literatura (LACERDA et al., 2003; PRAZERES et al., 2015), bem como, pela diminuição nos teores de Ca e Mg nas plantas, como consequência do efeito da inibição competitiva entre esses íons de modo que o aumento de K^+ induzem a deficiência de Ca^{2+} e de Mg^{2+} (SILVA; TREVIZAM, 2015), portanto, está relacionado com o teor de clorofila, tendo em vista que o Mg, faz parte da estrutura da molécula da clorofila, ocupando posição central na molécula e é também cofator da hidrólise do ATP (BONFIM-SILVA et al., 2011). Reforçando essa hipótese, Melo et al. (2014) verificaram que o conteúdo de Ca e Mg nas folhas da bananeira “Prata-anã” foram reduzidos conforme se aumentou as doses de K via fertigação.

O aumento observado no teor de clorofila das plantas irrigadas com água de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ em resposta a adubação potássica está associado ao papel desempenhado por este nutriente na planta. Embora o potássio não faça parte da estrutura da molécula de clorofila, ou qualquer composto orgânico, desempenha importante papel no metabolismo do N, o qual requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (VIANA; KIEHL, 2010), fundamental para a síntese deste pigmento, sendo importante para a produção de aminoácidos na ativação de

enzimas, bem como na síntese de proteínas. Porto et al. (2013), observaram aumento na leitura SPAD nas plantas quando elevaram as doses de K₂O. Estes autores ainda afirmam que os resultados obtidos refletem o melhor aproveitamento do N em plantas supridas com potássio, bem como uma maior eficiência no uso da água por estas plantas.

6.2.4 CONCLUSÕES

As trocas gasosas, a fluorescência da clorofila *a* e os pigmentos fotossintéticos da aceroleira são afetados negativamente pela irrigação com água de condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹, comprometendo o aparato fotossintético, situação observada através da redução da eficiência quântica do fotossistema II.

As doses de potássio promovem incremento na transpiração, fluorescência máxima da clorofila *a* e no teor de clorofila *b* da aceroleira cultivada sob estresse salino. As doses de potássio até 125% da recomendação não atenuam os efeitos negativos da irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹ sobre a eficiência quântica potencial das folhas da acerola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R de; CARDOSO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Annual Reviews Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Reviews of Plant Biology**, v. 59, s.n., p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.
- BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; FARIAS, L. do N.; OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTENELLI, J.V. Leguminosa híbrida Java submetida à calagem em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1811-1820, 2011.
- CAETANO, P. K. **Processamento tecnológico e avaliação energética de geléia de acerola**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.

- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTEI, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. de O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. especial, p. 699-705, 2011.
- CLAESSEN, M.E.C.; BARRETO, W. de O.; PAULA, J. L. de.; DUARTE, M. N.; **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivar acerola BRS 366-Juburu. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 1. Folder.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F. C.; FERNANDES, P. D.; NETO, A. J. de L. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- FREIRE, J. L. O.; FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R. do.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante, **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. de G.; Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.
- GORBE, E.; CALATAYUD, A. Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 138, s.n., p. 24-35, 2012.
- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v.5, n.6, p. 39-46, 2010.

- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v. 81, s.n., p. 103-112, 2012.
- LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, H. P. M.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em folhas de sorgo forrageiro submetido a soluções iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl). **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 1-6, 2003.
- MACIEL, M. I. S.; MÉLO, E.; LIMA, V.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.), **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 865-869, 2010.
- MELO, A. S.; JUNIOR, C. D. S. J.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SOBRAL, L. F.; SUASSUNA, J. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L de S. Chlorophyll and macronutrients content in leaf tissue of *Musa* sp 'Prata-Anã' under fertigation, **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 22, p. 1714-1720, 2014.
- MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F. de.; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. de . Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Revista Cerne**, v. 19, n. 4, p. 603-611, 2013.
- MUSSER, R. dos S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (eds.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. Cap. 3, p.47-52.
- PÁDUA, L. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.
- PORTO, R. A.; BONFIM-SILVA E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA N. R. M.; POLIZEL, A. C.; SILVA , T. J. A. da. Adubação potássica em plantas de rúcula: Produção e eficiência no uso da água. **Revista Agroambiente**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F de .; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C da S.; FERREIRA, L. C. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio, **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.
- SÁ, F. V. S. et al. Water relations and gas exchanges of west indian cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**; v. 9, n. 10; p.168-177, 2017.

- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F. de.; SOUSA, C. H. C. de CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresse hídrico e salino, **Revista Agroambiente**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de. FILGUEIRAS, L. M. B. & Alberto S. de Melo⁵. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob laminas de irrigação, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Jornal Informações Agronômicas**, v. n. 149, p.10-16, 2015.
- SOARES, L. A. A. FURTADO, E. M. G de.; SOUSA, J. R. M.; GUERRA, H. O. C.; NASCIMENTO, R. Troca de CO₂ do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada, **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.3, p 30-37, 2013
- SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; XAVIER, D. A.; FURTADO G. de F.; Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges, **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 415–424, 2016
- SYVERTSEN, J. P., GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, s. n., p. 128-137, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.22, n. p.138-149, 2014
- VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.
- VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. A.; STACCIARINISERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

6.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA CULTIVADA COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Resumo: Devido às limitações hídricas tanto em termos quantitativos como qualitativos na região semiárida do nordeste brasileiro, o uso de águas com elevadas concentrações de sais tornou-se imprescindível para agricultura irrigada. Deste modo, objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento e a produção da aceroleira enxertadas sob irrigação com água salina e adubação com doses de potássio, na fase de pós enxertia. O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem sob condições de ambiente protegido (casa-de-vegetação), utilizando-se um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa. Os tratamentos resultaram da combinação entre dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% da recomendação de Musser), dispostos no delineamento experimental de blocos casualizados, com 3 repetições. A salinidade da água de irrigação de 3,8 dS m⁻¹ reduziu de maneira acentuada o crescimento absoluto e relativo em diâmetro caulinar na fase pós-enxertia e o peso médio de frutos da aceroleira. A adubação potássica mitigou os efeitos deletérios do estresse salino sobre a taxa de crescimento relativo para o diâmetro do porta-enxerto, o número total de frutos e a massa fresca total de frutos de aceroleira, sendo os maiores valores obtidos quando se utilizou água de menor salinidade associada a maior dose de K₂O.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, estresse salino, osmorregulação.

Growth and production of West Indian cherry cultivated with saline water and potassic fertilization

Abstract: Due to water limitations in both quantitative and qualitative terms in the semi-arid region of northeastern Brazil, the use of water with high salt concentrations has become an alternative for irrigated agriculture. Thus, the aim of this study was to evaluate the growth and production of West Indian cherry under saline water irrigation and fertilization with potassium doses in the post-grafting phase. The experiment was carried out in drainage lysimeters under protected environmental conditions (greenhouse), using an Eutrophic Regolithic Neosol with a sandy-loam texture. The treatments resulted from the combination of two levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.8 and 3.8 dS m⁻¹) and four doses of potassium (50, 75, 100 and 125% of recommendation of Musser), arranged in a randomized complete block design, with 3 replicates. The salinity of the irrigation water of 3.8 dS m⁻¹ markedly reduced the absolute and relative growth rates of shoot diameter in the post-grafting phase and the mean weight of fruits of the West Indian cherry plant. Potassium fertilization mitigated the deleterious effects of salt stress on the relative growth rate of rootstock diameter, total number of fruits and

total fresh mass of West Indian cherry fruits, being the highest values obtained when using water of lower salinity associated with higher dose of K_2O .

Key words: *Malpighia emarginata*, saline stress, osmoregulation.

6.3.1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata*) é uma fruteira amplamente cultivada no semiárido do Nordeste brasileiro, destacando-se por seu elevado valor nutricional, principalmente como fonte de ácido ascórbico, vitamina A, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B: tiamina, riboflavina e niacina (Esashika et al., 2013). Possui grande potencial de expansão nesta região, por causa das condições edafoclimáticas propícias para o estabelecimento desta fruteira, além de se apresentar como uma forma de dinamizar a economia e alternativa para o desenvolvimento da região. É consumida tanto *in natura* como industrializada, sob a forma de sucos, sorvetes, geleias, xaropes, licores, doces em caldas, dentre outros produtos (Almeida et al., 2014)

No semiárido do Nordeste brasileiro, o estresse salino aparece dentre os estresses abióticos que mais comprometem o crescimento e a produtividade das espécies agrícolas (Sales et al., 2015), devido a diminuição do potencial osmótico da solução do solo e as possíveis ocorrências de desbalanço iônico, desordens metabólicas e nutricionais, ambos causados pela alta concentração de íons tóxicos no protoplasma, principalmente Na^+ e Cl^- (Khan & Panda, 2008). O efeito osmótico e o iônico nas culturas podem provocar alterações nas funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, provocando distúrbios nas relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais (Amorim et al., 2010).

Contudo, as respostas das plantas à salinidade são complexas e dependem de outros fatores como espécie, cultivar, tipos de sais, intensidade e duração do estresse, manejo cultural e da irrigação, condições edafoclimáticas e adubação (Munns & Tester, 2008). Desse modo, o conhecimento do grau de tolerância das culturas a salinidade pode permitir a utilização de águas com elevada concentração de sais, situação comum encontrada no semiárido do Nordeste brasileiro. Portanto, deve-se desenvolver estudos visando a identificação de índices de tolerância das culturas à salinidade, especialmente a aceroleira, de modo a propiciar o estabelecimento do grau de restrição das determinadas águas para irrigação (Lima et al., 2014).

A importância da adubação potássica, no cultivo de aceroleira, se deve ao seu papel fisiológico na ativação de vários sistemas enzimáticos e reações de fosforilação, fundamentais

para os processos metabólicos, especialmente a produção de proteínas e açúcares. Também está relacionado com o incremento na translocação de carboidratos nas plantas, melhorando a eficiência de uso da água, potencializando a adubação nitrogenada e podendo favorecer a qualidade do produto a ser comercializado, entre outras funções (Marschner, 1995). Além disso, o acúmulo de potássio na planta favorece um gradiente osmótico que facilita o movimento da água, controlando a abertura e o fechamento dos estômatos, desempenhando um papel fundamental na turgência das células e transpiração foliar (Melo et al., 2014). Pelo exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar as taxas de crescimento absoluto e relativo e a produção de aceroleira enxertada sob irrigação com água salina e adubação potássica.

6.3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em vasos adaptados como lisímetros de drenagem em condições de casa-de-vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 7° 15' 18'' latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude de 550 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, usando o arranjo fatorial 2 x 4, cujos tratamentos consistiram de dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,8 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro doses de potássio (50, 75; 100 e 125% conforme recomendação de Musser). A dose referente a 100% correspondeu 33,0 g de K₂O por planta, por ano. As águas de irrigação nos respectivos valores de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento (CEa = 1,40 dS m⁻¹) no município de Campina Grande, PB, com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10*mmol_c L⁻¹ = CEa dS m⁻¹) extraída de Richards (1954). A água com CEa de 0,8 dS m⁻¹ foi obtida a partir de mistura com água captada de chuva (0,02 dS m⁻¹).

Na base inferior de cada lisímetro foi instalado um dreno utilizando-se uma mangueira com 4 mm de diâmetro para a drenagem do excesso de água, em recipiente e avaliação da água drenada e determinação do consumo de água pelas plantas. A extremidade do dreno no interior do vaso foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo material de solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 1 kg de brita tipo zero, seguido de 250 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa (profundidade 0-20 cm), devidamente destorroado e proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 8) foram obtidas conforme as metodologias propostas por Donagema et al. (2011).

Tabela 8. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas								
pH H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes- condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS- Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST- Percentagem de sódio trocável.

Nesta pesquisa, foram utilizadas como porta-enxerto mudas de acerolas Crioulas provenientes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. No momento do transplântio, as mudas estavam com idade de 240 dias. Durante o período de aclimação no ambiente de casa de vegetação, as plantas de acerolas foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,8 dS m⁻¹). Utilizou-se como variedade copa, a BRS 366 Jaburu. Esta cultivar destaca-se pela sua elevada produtividade (57 t ha⁻¹), o que favorece a produção de vitamina C (2.648 mg 100g⁻¹); as plantas possuem altura em torno de 1,87 m e diâmetro da copa de 2,18 m; os frutos são brilhosos, quando maduros, e possui peso médio de 4 a 5 g em estágio verde, apropriado para a obtenção de vitamina C, e 6 a 7 g, após o amadurecimento (EMBRAPA, 2012).

Antes do transplântio das mudas, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo, utilizando-se a água de respectivo tratamento. Após o transplântio, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de

acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10.

Realizaram a adubação com fósforo e nitrogênio, conforme recomendação de Musser (1995), sendo aplicado o equivalente a 250 e 53 g por planta, respectivamente, de superfosfato simples e ureia. O fósforo foi aplicado todo em fundação. Já o nitrogênio e potássio, conforme a dose, foram parcelados em 12 aplicações iguais, sendo realizadas mensalmente. Para suprir prováveis deficiências de micronutriente na aceroleira, foi aplicado semanalmente, solução de ubyfol contendo $1,5 \text{ g L}^{-1}$ [(N (15%); P_2O_5 (15%); K_2O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] mediante pulverização.

Avaliaram-se no período de 30 a 515 dias após o transplântio (DAT), as taxas de crescimento absoluto (TCADPE) e relativo (TCRDPE) em diâmetro do porta-enxerto e do enxerto das plantas de aceroleira. A colheita se iniciou aos 180 DAT, sendo continuada até 515 DAT: o número total de frutos (NTF), a massa fresca total de frutos (MFT) e o peso médio de frutos (PMF). A TCR e TCA para diâmetro do porta-enxerto e do enxerto da aceroleira foram mensuradas de acordo com Benincasa (2003), conforme Eq. 1.

$$\text{TCR} = \frac{(\ln \text{DC}_2 - \ln \text{DC}_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

Em que: TCR = Taxa de crescimento relativo em diâmetro de caule ($\text{mm mm}^{-1} \text{ d}^{-1}$),

DC_1 = Diâmetro de caule (mm) no tempo t_1 ,

DC_2 = Diâmetro de planta (mm) no tempo t_2 ,

ln = logaritmo natural.

A TCA em diâmetro do porta-enxerto e enxerto da aceroleira foi determinada de acordo com a Eq 2:

$$\text{TCA} = \frac{(\text{DC}_2 - \text{DC}_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

Em que: TCA = taxa de crescimento absoluto em diâmetro do caule do porta-enxerto e enxerto (cm dia^{-1}),

DC_1 = Diâmetro de caule (mm) no tempo t_1 ,

DC_2 = Diâmetro de caule (mm) no tempo t_2 ,

Os dados obtidos neste estudo foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram realizados teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os níveis salinos da água e análise de regressão para o fator doses de potássio. Quando a interação entre os fatores (NS x DK) foi expressiva, realizou-se o

desdobramento dos níveis salinos dentro das doses de potássio, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2011).

6.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resumo da análise de variância (Tabela 9), observa-se efeito relevante ($p < 0,05$) dos níveis salinos sobre a taxas de crescimento absoluto (TCADPE) e relativo (TCRDPE) em diâmetros do porta-enxerto e do enxerto (TCADE/TCRDE) das plantas de aceroleira. As doses de potássio não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) nenhuma das variáveis analisadas e a interação entre os fatores (NS x DK) afetou de forma significativa ($p < 0,05$) apenas a TCRDPE, no período de 30 a 515 dias após o transplântio.

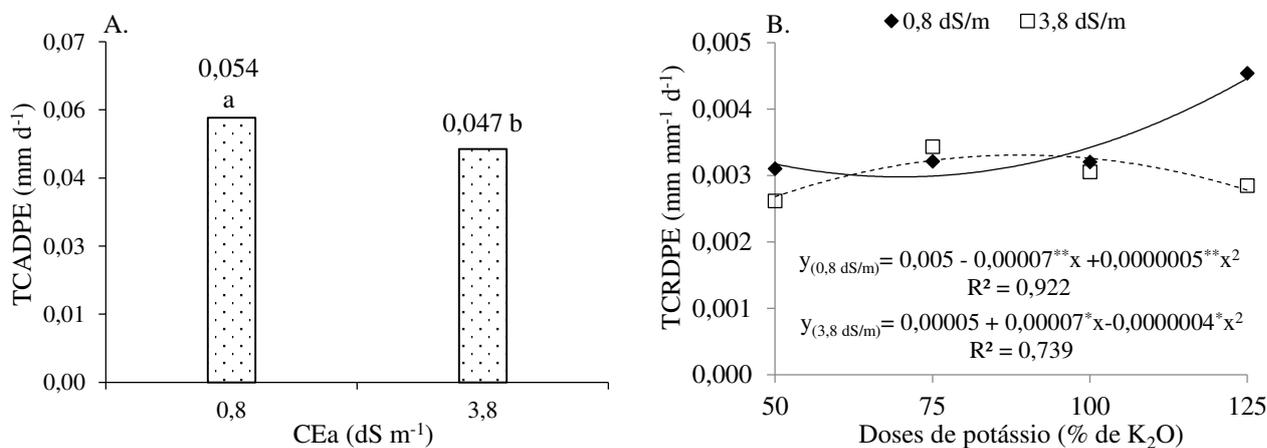
Tabela 9. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCADPE) e relativo (TCRDPE) em diâmetro do porta-enxerto e taxa de crescimento absoluto (TCADE) e relativo (TCRDE) em diâmetro do enxerto das plantas de aceroleira irrigadas com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, no período de 30 a 515 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		TCADPE	TCRDPE	TCADE	TCRDE
Níveis salinos (NS)	1	0,00024*	0,000002*	0,00024*	0,0000009*
Doses de K (DK)	3	0,00001 ^{ns}	0,0000006 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,00000007 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,00004 ^{ns}	0,000001*	0,0000001 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	0,000005 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Interação (NS x DK)	3	0,00009 ^{ns}	0,000001*	0,00003 ^{ns}	0,00000007 ^{ns}
Blocos	2	0,00004 ^{ns}	0,00000006 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,00000008 ^{ns}
Resíduo	14	0,00002	0,00000001	0,0004	0,00000007
CV (%)		9,86	10,34	14,28	8,87

^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Por meio do teste de comparação de médias (Figura 12A), constatou-se que a TCADPE das plantas irrigadas com água de maior nível salino ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) diminuiu $0,0064 \text{ mm d}^{-1}$ em relação as que foram irrigadas com água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$. A diminuição na taxa de crescimento absoluto em diâmetro do porta-enxerto da aceroleira, ocorreu devido, possivelmente, ao desvio de energia utilizado para armazenar açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo com o propósito de ajustar-se osmoticamente, em virtude do aumento da salinidade e à redução do potencial osmótico da solução do solo, promovendo alterações metabólicas, principalmente

pela redução na absorção da água e de nutrientes (Graciano et al., 2011). Mesquita et al. (2014) constataram, em estudos com o mamoeiro, cultivado em ambiente protegido sob condições de salinidade (CEa variando de 0,5 a 4,0 dS m⁻¹), assim como no presente estudo, redução na taxa de crescimento absoluto em diâmetro do caule com aumento da salinidade da água de irrigação.



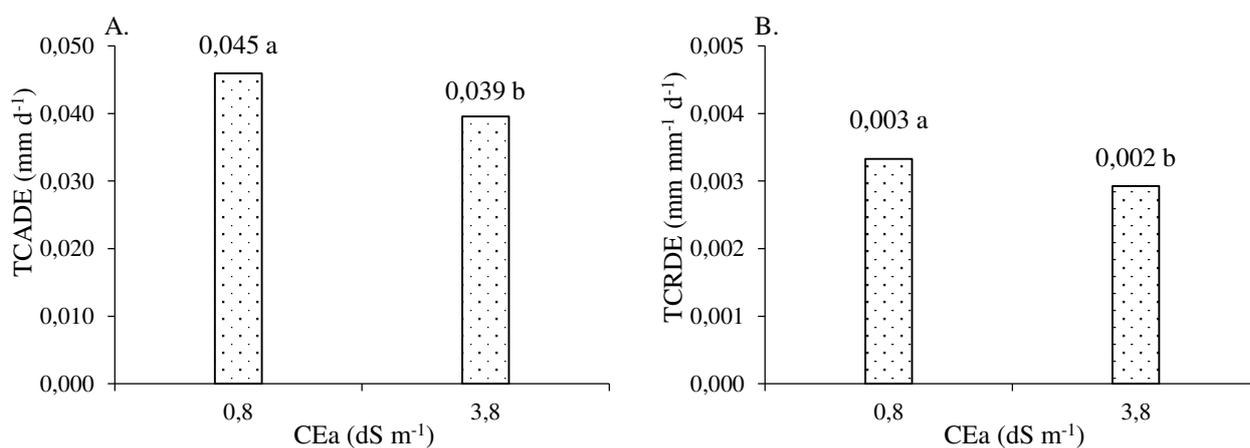
Barras representam o erro padrão da média (n=3). Média com letra diferente indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05.

Figura 12. Taxa de crescimento absoluto -TCADPE (A), das plantas de aceroleira enxertada irrigadas com águas salinas - CEa (A) e taxa de crescimento relativo – TCRDPE (B) em diâmetro do porta-enxerto em função da interação entre a condutividade elétrica condutividade da água (CEa) e doses de potássio (B), no período de 30 a 515 dias após o transplântio.

A taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto das plantas de aceroleira foi afetada consideravelmente pela interação entre os fatores (NS x DK) e, de acordo com as equações de regressão (Figura 12B), verifica-se que os dados obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹ se ajustaram ao modelo quadrático, cujos os valores máximos estimados para TCRDPE (0,0045 e 0,0034 mm mm⁻¹ dia⁻¹) foram alcançados, respectivamente, com doses de 125 e 91% da recomendação de Musser. Através da equação de regressão (Figura 12B), nota-se que as plantas de aceroleira irrigadas com o menor nível de CEa tiveram um incremento na TCRDPE de 0,0014 mm mm⁻¹ dia⁻¹ quando se compara as doses de K de 50 e 125% da recomendação. Por outro lado, as plantas irrigadas com CEa de 3,8 dS m⁻¹ tiveram o efeito do estresse salino sobre a TCRDPE mitigado até a dose de 125% da recomendação de Musser, ou seja, a TCRDPE das plantas de aceroleira sob dose de K₂O de 125% aumentou em 0,00023 mm mm⁻¹ dia⁻¹ em relação às que receberam apenas 50% da recomendação de adubação potássica. Desta forma, o incremento na TCRDPE da aceroleira refletem o papel fisiológico do potássio

na osmorregulação, estando diretamente envolvido na regulação do potencial osmótico da célula, favorecendo a homeostase e a expansão celular (Melo et al., 2014).

A imposição do estresse salino causou um padrão nítido de diminuição na taxa de crescimento absoluto e relativo nas plantas de aceroleira, no período de 30 a 515 dias após o transplântio. De acordo com o teste de comparação de médias (Figura 13A), verifica-se que a salinidade da água de irrigação de 3,8 dS m⁻¹ afetou de forma negativa a taxa de crescimento absoluto em diâmetro do enxerto (TCADE) das plantas de aceroleira enxertada, com redução de 0,0063 mm d⁻¹ quando comparadas com as plantas irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹ (Figura 13A). A diminuição na taxa de crescimento é também decorrente do efeito deletério do excesso de sais no metabolismo da planta, já que, o excesso de sais solúveis na zona radicular, provocam um declínio na turgescência, com conseqüente diminuição da expansão celular (Khalid e Silva, 2010).



Barras representam o erro padrão da média (n=3). Média com letra diferente indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05.

Figura 13. Taxa de crescimento absoluto -TCADE (A) e relativo – TCRDE (B) em diâmetro do enxerto das plantas de aceroleira enxertada irrigadas com águas salinas - CEa, no período de 30 a 515 dias após o transplântio.

Observa-se na Figura 13B, que o incremento da CEa proporcionou diminuição na taxa de crescimento relativo para diâmetro do enxerto (TCRDE) no período de 30 a 515 dias após o transplântio. Analisando ainda os dados obtidos para a TCRDE das plantas de aceroleira, é possível identificar que, a maior taxa relativa de crescimento foi apresentada quando as plantas foram irrigadas com água de menor CEa (0,8 dS m⁻¹), com valor máximo de 0,0033 mm mm⁻¹ d⁻¹, fato já observado para taxa de crescimento relativo para diâmetro do porta-enxerto, reforçando a hipótese do comprometimento no crescimento das plantas quando submetida ao

estresse salino (Claeys et al., 2014). Resultados semelhantes foram obtidos por Mesquita et al. (2012) avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizantes bovino, os autores perceberam que o incremento da salinidade da água reduziu a taxa de crescimento absoluto e relativo para diâmetro de caule das plantas. Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 10), efeito significativo dos níveis salinos da água no número total de frutos (NTF), massa fresca total de frutos (MFT) e peso médio de frutos (PMF), de aceroleira. As doses de potássio e a interação entre os fatores (NS x DK) influenciaram de forma relevante o NTF e a MFT.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o número total de frutos (NTF), massa fresca total de frutos (MFT) e peso médio de frutos (PMF), de aceroleira enxertada irrigada com águas de diferentes salinidades e doses de potássio, aos 515 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		NTF	MFT	PMF
Níveis salinos (NS)	1	9243,37*	2710014,74**	91,10**
Doses de K (DK)	3	4765,37*	138465,38*	0,47 ^{ns}
Regressão Linear	1	14105,00**	273403,16*	0,07 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	77,04 ^{ns}	130395,93*	0,27 ^{ns}
Interação (NS x DK)	3	12393,93**	168252,55*	0,37 ^{ns}
Blocos	2	144,29 ^{ns}	27073,29 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Resíduo	14	588,29	27439,92	0,17
CV (%)		18,88	30,09	10,28

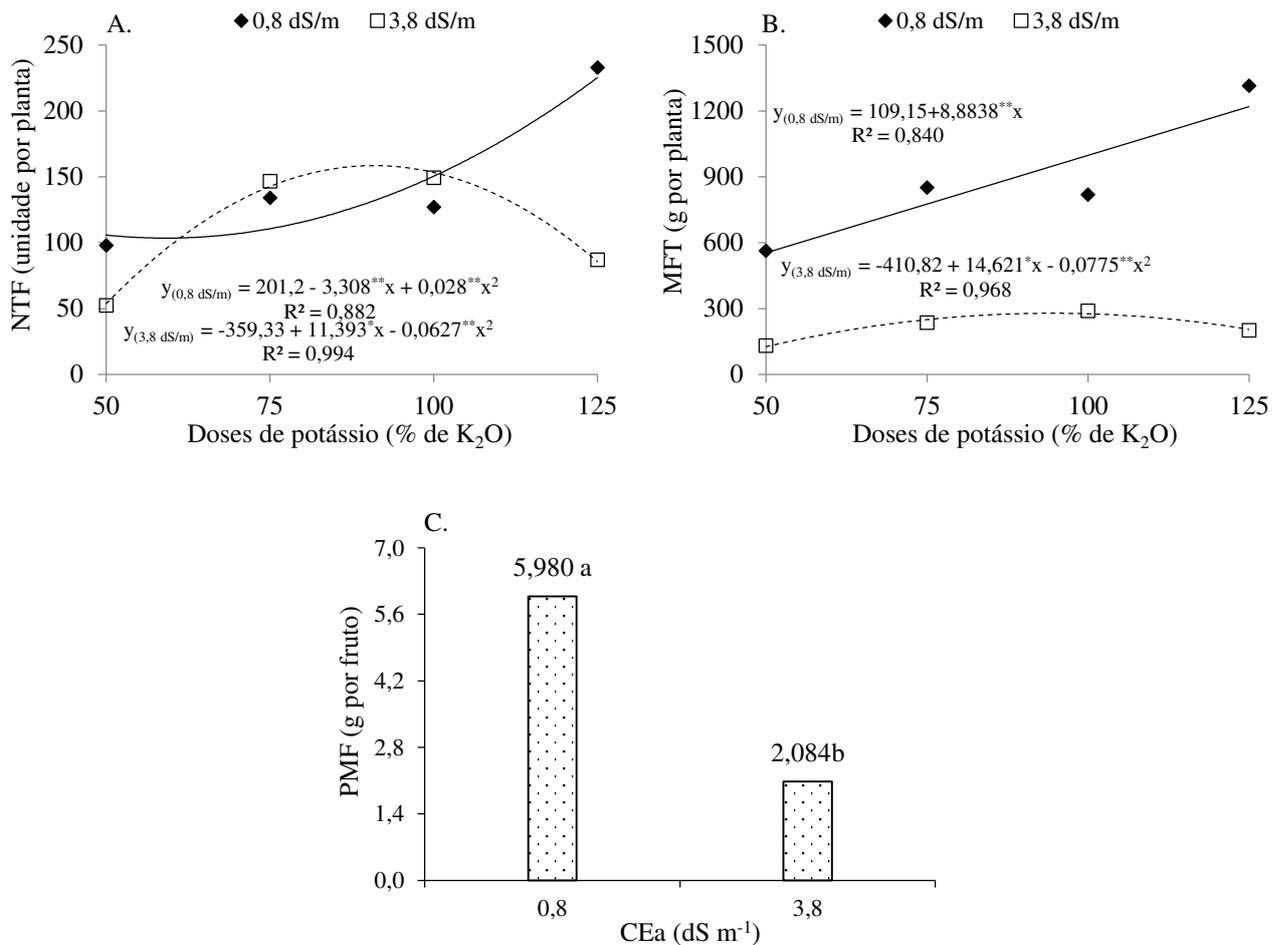
^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Semelhante ao observado para a TCRDPE (Figura 12B), o número total de frutos de aceroleira também foi significativamente afetado pela interação entre os fatores (NS x DK) e de acordo com as equações de regressão (Figura 14A), observa-se que as plantas de aceroleira, quando submetidas à irrigação com CEa de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹ tiveram comportamento quadrático. Analisando o comportamento desta variável quando as plantas de aceroleira estavam sob irrigação com água de menor nível salino (0,8 dS m⁻¹), nota-se que à medida que se elevaram as doses de potássio, houve um incremento no NTF, sendo o maior valor estimado de 233 frutos, obtido nas plantas que receberam dose de 125% da recomendação de K₂O. Contudo, as plantas de aceroleira quando submetidas à irrigação com água de maior CEa (3,8 dS m⁻¹), tiveram incremento no NTF até a dose estimada de 91% da recomendação de K₂O (158,21 frutos por planta), sendo que a partir desta houve diminuição acentuada na referida variável.

Apesar de ter ocorrido redução no NTF em decorrência da irrigação com água salina, verifica-se através da equação de regressão (Figura 14A), que as plantas submetidas à maior dose de adubação potássica (125% da recomendação de Musser), apresentaram um aumento de 21,90% no número total de frutos, em comparação com as que receberam dosagem de 50% de K_2O . Os resultados obtidos para NTF reforçam a importância do potássio na participação de diversos processos bioquímicos e fisiológicas, como fotossíntese, transporte e armazenamento de assimilados, responsáveis por promover aumento na produção das culturas (Oliveira et al., 2013).

A interação entre os fatores NS x DK influenciou de forma significativa a massa total de frutos de aceroleira e, através das equações de regressão (Figura 14B) verifica-se que a MTF das plantas de aceroleira, quando submetidas à irrigação com CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ se ajustou ao modelo linear e crescente, havendo incremento de 13,65% para cada aumento de 25% da recomendação de K_2O , ou seja, a MTF das plantas adubadas com 125% de K_2O tiveram um aumento de 666,29 g por planta (54,63%) por planta, em relação às se encontravam sob 50% da recomendação de K. Por outro lado, ao analisar a MTF das plantas de aceroleira cultivadas com CEa de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se que o modelo de regressão ao qual os dados melhor se ajustaram, foi o quadrático (Figura 14B), sendo estimado o valor máximo (278,67 g por planta) nas plantas que receberam 94% da recomendação de adubação potássica de Musser (1995).

Ao comparar a MTF das plantas que foram submetidas a maior dose de K_2O (125% da recomendação) em relação às que estavam sob 50% de K_2O , verifica-se acréscimos relativos de 79,38 g (38,56%) por planta. Observa-se ainda através das equações de regressão (Figura 14B) que embora tenha tido diminuição na MTF em função da irrigação com água salina, sempre que se aumentou a dose de 50 para 125% de K_2O , ocorreu um incremento na MTF. Deste modo, pode-se inferir que a função fisiológica exercida pelo potássio no processo fotossintético, através do controle da abertura e fechamento estomático e na regulação do potencial osmótico das células, faz com que esse macronutriente influencie decisivamente no crescimento das plantas e conseqüentemente na produção como foi observado por Malavolta et al. (1997).



Barras representam o erro padrão da média (n=3). Médias com letras diferentes indica que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 14. Número total de frutos – NTF (A) e massa fresca total – MFT (B) de frutos, em função da interação entre salinidade da água de irrigação - CEa e doses de potássio e, peso médio de frutos - PMF (C) de plantas de aceroleira irrigadas com águas salinas, aos 515 dias após o transplante.

Quanto ao peso médio de frutos de aceroleira, observa-se através do teste de comparação de médias (Figura 14C), que o maior valor (5,98 g por fruto) foi registrado nas plantas irrigadas com água de menor nível salino (0,8 dS m⁻¹), sendo superior estatisticamente ao valor (2,08 g por fruto) observado nas que estavam sob irrigação com CEa de 3,8 dS m⁻¹. A partir dos resultados obtidos para PMF (Figura 14C), verifica-se que o valor obtido nas plantas submetidas ao menor nível de CEa encontra-se na faixa preconizada para a cultivar de aceroleira BRS 366 Jaburu, pois a Embrapa Agroindústria Tropical cita que os frutos desta cultivar, quando maduros possui peso médio entre 4 e 5 g.

Constata-se ainda (Figura 14C) ao comparar as médias entre as plantas de aceroleiras cultivadas sob irrigação com CEa de 3,8 dS m⁻¹ em relação as que estavam sob 0,8 dS m⁻¹,

redução no PMF de 3,90 g (65,15%) por fruto. A diminuição no PMF em função da salinidade da água (Figura 14C), confirma os dados obtidos para as taxas de crescimento absoluto e relativo para o diâmetro do porta-enxerto e enxerto da aceroleira (Figura 1 e 2) e sugerem que seja reflexo da redução do potencial osmótico e/ou acumulação excessiva de íons no protoplasma; nesse contexto, pode ter havido maior custo metabólico para osmorregulação, o qual pode ser conseguido por meio da acumulação e da compartimentação de solutos inorgânicos no vacúolo e solutos orgânicos no citoplasma (Garcia et al., 2010).

6.3.4 CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação de 3,8 dS m⁻¹ reduz acentuadamente as taxas de crescimento absoluto e relativo em diâmetro caulinar e o peso médio de frutos da aceroleira, na fase pós-enxertia.

A adubação potássica mitiga os efeitos deletérios do estresse salino sobre a taxa de crescimento relativo para o diâmetro do porta-enxerto, o número total de frutos e a massa fresca total de frutos de aceroleira, sendo os maiores valores obtidos quando se utiliza água de menor salinidade associado a maior dose de K₂O.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. P. N.; Dantas, L. L. G. R. Fungo micorrízico arbuscular e extrato de algas no crescimento inicial de porta-enxerto de aceroleira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n.1, p. 22-28, 2014.
- AMORIM, A. V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. de. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- CLAEYS, H.; VAN LANDEGHEM, S.; DUBOIS, M.; MALEUX, K.; INZÉ, D. What is stress? Dose-response effects in commonly used in vitro stress assays. **Plant Physiology**, v.165, n.2, p.519–527, 2014.

- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Agroindústria Tropical. **Cultivar Acerola BRS 366-Jaburu**. Fortaleza: Embrapa CNPAT, 2012. 2p.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A. de; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p. 99-410, 2013.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n.4, p.330:338, 2010.
- 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 amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.794-800, 2011.
- KHALID, A.; SILVA, J. A. T. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 297–305, 2010.
- KHAN, M.H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.1, p.81-89, 2008.
- LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.5, p. 854-866, 2014.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MELO, A. S. de; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SOBRAL, L. F.; SUASSUNA, J. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. de S. Chlorophyll and

- macronutrients content in leaf tissue of *Musa* sp ‘Prata-Anã’ under fertigation. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n. 22, p. 1714-1720, 2014.
- MESQUITA, F. de O.; CAVALCANTE, L. F.; BATISTA, R. O.; MEDEIROS, R. F.; RODRIGUES, R. M.; SANTOS, W. de O. Avaliação da taxa de crescimento absoluto de mamão Havaí sob o efeito salino e de biofertilizante: **Magistra, Cruz das Almas BA**. v. 26, n. 4, p. 443-455, 2014.
- MESQUITA, F. de O.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. de L. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 222-239, 2012.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, n.1, p.651-681, 2008.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: São José, A. R.; Alves, R. E. (ed.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p.47-52.
- OLIVEIRA, A. P. de; BANDEIRA, N. V. da S.; DANTAS, D. F. da S.; SILVA, J. A. da; DANTAS, T. A. G. Produtividade máxima e econômica do inhame em função de doses de potássio. **Revista Caatinga**, v.26, n. 3, p.110 – 115, 2013.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA, Agriculture Handbook, 60).
- SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.9, n.3, p.221-227, 2015.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término do experimento, verificou-se reduções nos parâmetros de crescimento, fisiológicos e na relação do status hídrico das plantas de aceroleira em função do aumento da salinidade de 0,6 para 3,8 dS m⁻¹. O aumento das doses de potássio durante o ciclo da planta foi influenciado nos diferentes estádios fenológicos da cultura da aceroleira.

Durante a fase de floração das plantas de aceroleira, cerca de 340 dias após o transplântio, houve reduções no crescimento das plantas. Ressalta-se, ainda, que o incremento das doses de adução potássica mitigou o efeito da salinidade da água de irrigação (3,8 dS m⁻¹), justificando o aumento da clorofila *a* e carotenoides das plantas de aceroleira.

O teor de clorofila *b* reduziu, assim como quando irrigados com águas de maior condutividade elétrica. Doses crescente de potássio durante a fase floração reduziram o potencial osmótico das plantas de aceroleira independente da condutividade elétrica da água. Houve redução do déficit de saturação hídrica com doses crescentes de potássio acima de 75% foi de 6,5%.

O estresse salino 400 dias após o transplântio ocasiona diminuições nas trocas gasosas e na eficiência fotoquímica do fotossistema II das plantas de aceroleira em função do aumento da salinidade da água de irrigação, não sendo observado aclimatação durante nenhuma das fases fenológicas da cultura. Vale ressaltar que, doses de potássio até 125% da recomendação não atenuam os efeitos negativos da irrigação com água de 3,8 dS m⁻¹ sobre a eficiência quântica potencial das folhas da acerola.

Quanto aos pigmentos fotossintetizantes, a clorofila *a* e carotenoides reduziram quando se aumentou a condutividade elétrica da água de 0,6 para 3,8 S m⁻¹. O teor de clorofila *b* aumentou em função do aumento das doses de potássio quando irrigados com água de condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹.

As taxas de crescimento absoluto e relativo em diâmetro caulinar foram reduzidas quando irrigados com água de 3,8 dS m⁻¹, assim, como as variáveis de produção como peso médio de frutos, número de frutos e massa total de frutos de aceroleira, na fase pós-enxertia.

Nota-se na utilização da adubação potássica a atenuação do estresse salino sobre a taxa de crescimento relativo para o diâmetro do porta-enxerto. Em relação aos componentes de produção, ressalta-se que o número total de frutos e a massa fresca total de frutos de aceroleira. É importante relatar também que, mesmo que a adubação potássica tenha conseguido atenuar o estresse salino, os maiores índices foram obtidos quando se utilizou água de baixa condutividade elétrica.

Nesse contexto, salienta-se que, o potássio como ativador enzimático e regulador osmótico da atividade estomática é uma alternativa na mitigação dos efeitos do estresse salino. Todavia, como foi avaliado o primeiro ano de produção, não se pode ter uma conclusão definitiva sobre a produção. De modo que, nos ciclos seguintes têm-se uma estabilização da produção da aceroleira. Com isso, é importante reafirmar a continuidade da pesquisa para agregar aos resultados obtidos nesta pesquisa.