



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA TROPICAL

GIULIANA NAIARA BARROS SALES

**ECOFISIOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS DE QUIABEIRO SOB
ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO-POTÁSSIO**

POMBAL – PB

2020

GIULIANA NAIARA BARROS SALES

**ECOFISIOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS DE QUIABEIRO SOB
ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGÊNIO-POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Horticultura
Tropical, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Reginaldo Gomes Nobre

Orientador: Geovani Soares Lima

POMBAL – PB

2020

S163e Sales, Giuliana Naiara B. Sales

Ecofisiologia e qualidade de frutos de quiabeiro sob estresse salino e adubação com nitrogênio-potássio / Giuliana Naiara Barros Sales. – Pombal, 2020.

87 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre”.

“Coorientação: Prof. Dr. Geovani Soares Lima”.

Referências.

1. *Abelmoschus esculentus* (L). 2. Salinidade. 3. Atenuação de estresse. I. Nobre, Reginaldo Gomes. II. Lima, Geovani Soares. III. Título.

CDU 635.648(043)


GIULIANA NAIARA BARROS SALES


**ECOFISIOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS DE QUIABEIRO
CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NITROGÊNIO-
POTÁSSIO**

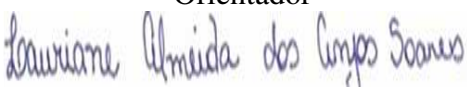
Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Horticultura
Tropical, para obtenção do título de mestre.

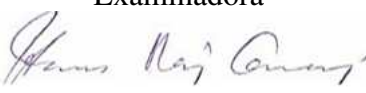
Aprovada em: 21 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA


Prof. D.Sc. Reginaldo Gomes Nobre
DCT/UFERSA
Orientador


Prof. D.Sc. Geovani Soares de Lima
CCTA/UAGRA/UFCG
Orientador


Prof. D.Sc. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
CCTA/UAGRA/UFCG
Examinadora


Prof. D.Sc. Hans Raj Gheyi
UAEAg/UFCG
Examinador

POMBAL – PB

2020

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.” JOSUÉ1:9

A Deus, minha família e meus professores...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela sabedoria e seu imensurável amor.

Aos meus familiares, meu pai Francisco Giuliano de Melo Sales (*in memoriam*) por todo o incentivo e amor, a minha mãe Rozinalva Pires de Barros Sales por sua garra e persistência para que esse sonho se concretizasse e as minhas irmãs Gabriela Sales e Géssica Sales por palavras amigas nas horas que o desespero e cansaço tomam conta.

Ao meu esposo Franciscleudo Costa por todo apoio.

Agradeço a minha grande amiga Alzira Neta por ajudar durante a condução do experimento.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço ao Professor Geovani Soares de Lima, pelos valiosos ensinamentos, paciência, confiança e orientação e apoio fornecidos durante o curso.

Ao Laboratório de Química, Bioquímica e Análises de Alimentos, Franciscleudo Bezerra da Costa, ao aluno de graduação Álvaro Gustavo, pela ajuda prestada durante as análises de pós-colheita.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	pág.
Figura 1. Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro/2018 a fevereiro/2019.....	30
Figura 2. Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.....	32
Figura 3. Lisímetros de drenagem com umidade do solo na condição de saturação.....	33
Figura 4. Clorofila a – (A) Clorofila b - (B) e clorofila total – (C) em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 44 dias após a semeadura.....	36
Figura 5. Carotenoides em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 44 dias após a semeadura.....	37
Figura 6. Clorofila a – (A), clorofila b - (B), clorofila total – (C) e carotenoides - (D) em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 77 dias após a semeadura.....	38
Figura 7. Extravasamento de eletrólitos– (A) e (B), em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 44 e 77 dias após a semeadura.....	40
Figura 8. Potencial hídrico foliar – (A) e (B), em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 44 e 77 dias após a semeadura.....	41
CAPÍTULO II	pág.
Figura 1: Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro/2018 a fevereiro/2019.....	50
Figura 2. Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.....	51
Figura 3. Lisímetros de drenagem após a saturação solo.....	53

- Figura 4.** Altura de plantas – AP (A) e diâmetro do caule (B) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 40 dias após a semeadura.....55
- Figura 5.** Área foliar–AF de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 40 dias após a semeadura.....56
- Figura 6.** Diâmetro do caule – DC de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função dos níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 70 dias após a semeadura.....57
- Figura 7.** Área foliar da planta – AF de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 70 dias após a semeadura.....57
- Figura 8:** Transpiração – E (A); condutância estomática – g_s (B), taxa de assimilação de CO_2 (C) e eficiência instantânea da carboxilação E_iC_i (D) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da salinidade da água – CEa, aos 58 dias após a o semeio.....59

CAPÍTULO III

pág.

- Figura 1:** Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro/2018 a fevereiro/2019.....68
- Figura 2.** Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.....69
- Figura 3.** Lisímetros de drenagem após a saturação solo.....71
- Figura 4.** Número de frutos por planta - NFP (A) e peso médio de frutos por planta - PMFP (B) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 produzidos com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações NK.....76
- Figura 5.** Sólido solúvel-SS (A) e acidez titulável-AT (B) em frutos de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 produzidos com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações NK.....73

Figura 6. Razão entre sólido solúvel e acidez titulável – SS/AT (A) e vitamina C (B) em frutos de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 produzidos com águas de diferentes salinidades e combinações de adubação NK.....74

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	12
OBJETIVOS	14
REVISÃO DE LITERATURA	
Aspectos gerais da cultura	15
Qualidade de água para irrigação	16
Efeitos da salinidade no quiabeiro	17
Adubação com nitrogênio e potássio na mitigação do estresse salino	18
CAPÍTULO I: PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E RELAÇÕES HÍDRICAS EM QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO-POTÁSSIO	
RESUMO	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÕES	45
LITERATURA CITADA	46
CAPÍTULO II: MORFOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGÊNIO-POTÁSSIO	
RESUMO:	51
ABSTRACT:	52
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÕES	66
LITERATURA CITADA	67
CAPÍTULO III: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NK	
RESUMO:	71
ABSTRACT:	72
INTRODUÇÃO	73
MATERIAL E MÉTODOS	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
CONCLUSÕES	83
LITERATURA CITADA	84

RESUMO GERAL

O uso de águas salinas no Semiárido Brasileiro tem sido intensificado, por se apresentar como alternativa para suprir a escassez hídrica desta região. Contudo, o excesso de sais presente na água proporciona a redução do crescimento e produção das culturas. Desta forma, a adubação combinada com nitrogênio-potássio pode ser usada como uma estratégia capaz de amenizar os efeitos deletérios do estresse salino sobre o quiabeiro, com grande potencialidade socioeconômica para a região Nordeste do Brasil. Diante disso, objetivou-se avaliar o crescimento, a eficiência fotossintética e a qualidade de frutos do quiabeiro irrigado com águas de distintas salinidades adubados com combinações de nitrogênio e potássio. O experimento foi realizado em campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Pombal- PB, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 5, referentes a cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco combinações de adubação com nitrogênio e potássio (0:40; 70:60; 100:80; 130:100) 160:120% da recomendação para ensaios em vasos, com três repetições, cada parcela experimental constitui-se de um vaso adaptado como lisímetro com capacidade de 25 L com uma planta útil. Avaliou-se as plantas de quiabeiro quanto as características de trocas gasosas, crescimento, pigmentos fotossintéticos, potencial hídrico e qualidade físico-química dos frutos. As combinações de 40% N + 40 K₂O atenuou o efeito deletério dos sais até o nível de 1,7 dS m⁻¹ com o mínimo de perdas para as varáveis analisadas.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* (L), salinidade, atenuação de estresse

ABSTRACT

The use of saline waters in the Brazilian Semi-Arid region has been intensified, as it presents itself as an alternative to supply the water scarcity of this region. However, the excess of salts present in the water reduces the growth and production of crops. Thus, fertilization combined with nitrogen-potassium can be used as a strategy capable of mitigating the deleterious effects of salt stress on okra, with great socioeconomic potential for the Northeast region of Brazil. Therefore, the objective was to evaluate the growth, photosynthetic efficiency and fruit quality of okra irrigated with waters of different salinity fertilized with combinations of nitrogen and potassium. The experiment was carried out in the field, at the Center for Science and Agri-food Technology at the Federal University of Campina Grande, located in the municipality of Pombal-PB, in a randomized block design, with the treatments arranged in a 5 x 5 factorial scheme, referring to at five salinity levels of the irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) and five fertilizer combinations with nitrogen and potassium (0:40; 70: 60; 100: 80; 130: 100) 160:120% of the recommendation for testing in pots, with three replications, each experimental plot consists of a pot adapted as a lysimeter with a capacity of 25 L with a useful plant. Okra plants were evaluated for gas exchange characteristics, growth, photosynthetic pigments, water potential and physicochemical quality of the fruits. The combinations of 40% N + 40 K₂O attenuated the deleterious effect of the salts to the level of 1.7 dS m⁻¹ with the minimum of losses for the analyzed variables.

Keywords: *Abelmoschus esculentus* (L.), salinity, tolerance

INTRODUÇÃO

O quiabeiro *Abelmoschus esculentus* (L.), é uma hortaliça anual, popular em regiões de clima tropical e subtropical, por apresentar rusticidade quanto a temperaturas elevadas para seu cultivo; além de possuir um alto valor nutricional, fácil cultivo, alta rentabilidade, ciclo rápido e resistência a pragas (MOTA et al., 2000; GALATI, 2010). No Brasil, das regiões mais produtoras de quiabo, destacam-se o Sudeste e o Nordeste, pelas condições climáticas ideais para a cultura (MOTA et al., 2005). No entanto, há um empasse quanto ao cultivo dessa olerícola no semiárido Nordestino, tendo em vista que, esta região apresenta baixos índices pluviométricos caracterizados pela irregularidade da distribuição espacial e temporal das precipitações (SANTOS et al., 2016), associado ao manejo da irrigação inadequado, tem proporcionado declínio na produção das culturas devidos a problemas decorrentes da salinidade, tornando-se um fator limitante para a produção nessa região.

Outrora, o acúmulo de sais na água e/ou no solo contribui para a redução do potencial osmótico dificultando a absorção de água pelas plantas, resultando em déficit hídrico, no qual as plantas apresentam murchamento, folhas com coloração verde azulado escuro e com tamanho reduzido e menor área foliar e alterações na homeostase iônica. Ademais, o excesso de sais pode ocasionar desequilíbrios nutricionais e toxidez às plantas principalmente pelos íons de Na^+ e Cl^- (MUNNS, 2005) ocasionado deficiências de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ induzidas pelo excesso de Na^+ (MARSCHNER, 2002), assim como elevadas concentrações de Cl^- inibem a absorção de NO_3^- através de competição iônica (FLOWERS, 2004).

Entretanto, Santos (2008) afirma que a tolerância das culturas à salinidade é variável em função da espécie, cultivar e fenologia. Segundo Maas (1984), o quiabeiro é considerado sensível à salinidade sendo a sua salinidade limiar inferior a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. IkramUI-Haq et al. (2010) afirmam que a tolerância do quiabeiro a salinidade de NaCl depende da variação genética existente entre genótipos.

Silva et al. (2006), analisando águas com concentração salina de (0,5; 1,5; 3,0; 4,5; e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$) no cultivo do quiabeiro, notaram uma redução no crescimento de 29% quando irrigado com água de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ enquanto que as salinidade de 3,0; 4,5 e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ causaram diminuições no crescimento na ordem de 40%; 66% e 72% respectivamente, comparado as plantas cultivadas sob salinidade da água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Entretanto, Andrade Junior et al. (2010) salientam que o incremento de fertilizantes aplicados em uma cultura sensível à salinidade poderá elevar as concentrações de potássio, cálcio e nitrato nas folhas e, portanto, promover um aumento na tolerância da cultura a salinidade. Manter os valores de sódio e potássio baixos na planta é crucial para a caracterização da tolerância das plantas a salinidade, devido a menor absorção e translocação de sódio, em relação ao potássio, promove absorção balanceada de elementos essenciais, considerando a especificidade desses íons sobre o funcionamento de enzimas e membranas, conseqüentemente maior tolerância (APSE; BLUMWALD, 2007; LIMA et al., 2015).

Dessa forma, o fornecimento de doses combinadas de nitrogênio-potássio pode elevar a concentração de N e K nas folhas, promovendo o equilíbrio nutricional e mitigação dos efeitos tóxicos dos íons de Na^+ e Cl^- nas plantas cultivadas sob estresse salino; dessa forma, compõem uma das principais alternativas para viabilização do manejo da adubação, do solo e da água com problemas de sais (BLANCO et al., 2008; ANDRADE JUNIOR et al., 2010; GURGEL et al., 2010).

OBJETIVOS

Avaliar o crescimento, a eficiência fotossintética, a produção e a qualidade de frutos do quiabeiro irrigados com águas salinas e adubação com combinações de nitrogênio e potássio.

Objetivos específicos

Determinar as alterações nos pigmentos fotossintéticos, trocas gasosas e crescimento do quiabeiro em função da irrigação com águas salinas e adubação com combinação nitrogênio e potássio.

Determinar as alterações no conteúdo protoplasmático e no conteúdo relativo de água do quiabeiro cultivar Santa Cruz 47 em função da salinidade da água de irrigação e adubação com NK.

Avaliar a produção e a qualidade pós-colheita da cultura do quiabeiro sob irrigação com águas salinas e adubação com NK.

REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos gerais da cultura

O quiabeiro é uma olerícola pertencente à família Malvaceae originária da África, precisamente na Etiópia, é comumente cultivado em regiões tropicais (GALATI et al., 2013). Possui grande aceitação no país por seu valor nutricional, palatabilidade e ainda fornecimento de fibras e produção de óleo comestível, tem sido produzida principalmente por muitos pequenos produtores, em alguns casos constituindo-se da principal renda familiar (PAES et al., 2012).

Castro (2005), relata que o quiabo é uma hortaliça consumida por grande parte da população, notadamente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do país. Informações do Censo Agropecuário (IBGE, 2006) considerou a produção brasileira em 116.990 toneladas, destacando-se a região Sudeste como a maior produtora com 65.351 toneladas seguida pela região Nordeste com 37.168 toneladas. De acordo Inomoto et al. (2014) o Brasil está entre os cinco países mais produtores de quiabo do mundo, sendo o Rio de Janeiro o estado mais produtor.

O quiabeiro é sensível ao frio, sendo necessárias temperaturas mais altas para completar seu desenvolvimento. Em condições de temperaturas amenas há um retardamento na emergência das plântulas fato que prejudica o crescimento, a floração e a frutificação (FILGUEIRA, 2008). Não é uma cultura exigente quanto ao tipo de solo, visto que ela produz bem em solos areno-argilosos, argilosos, argilo-arenosos.

Segundo Galati (2010), plantas de quiabeiro apresentam porte arbustivo e ereto, caule semilenhoso, pode atingir até três metros de altura, Para Filgueira (2008) a maior parte das raízes localiza-se até os 20 cm de profundidade. As folhas apresentam limbo recortado, são grandes lobadas e com pecíolos longos, as flores são hermafroditas e o fruto é do tipo cápsula, piloso, roliço, e apresenta seção transversal circular ou pentagonal (AGUIAR, 2011).

A cultivar mais plantada é a Santa Cruz 47, por apresentar características como vigor e internódios curtos. Os frutos são de coloração verde clara, cilíndricos, tendo a ponta ligeiramente recurvada e possuir teor de fibra menor em relação às cultivares antiga. A produção precoce proporciona produtividade elevada, resistência à murcha-verticilar e a podridão-úmida dos frutos, características que tornam essa cultivar padrão de mercado, aclimatando-se as diversas condições (FILGUEIRA, 2008).

A produtividade do quiabeiro encontra-se em torno de 15 a 20 t ha⁻¹, mas pode variar em função do período de colheita. O estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a semeadura (DAS) e o reprodutivo de 65 a 120 dias DAS, porém seu período de frutificação pode superar 200 dias conforme a época de cultivo (GALATI, 2010).

Qualidade de água para irrigação

A produção agrícola com o uso da irrigação garante em padrões mundiais um acréscimo produtivo de 2,7 vezes comparado ao cultivo sem irrigação, podendo, em alguns casos, permitir a viabilidade produtiva em áreas semiáridas caracterizadas, principalmente, pela escassez de água, decorrente da incidência de chuvas apenas em curtos períodos de três a cinco meses por ano, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço (CHRISTOFIDIS et al., 2013; DALASTRA et al., 2014).

Nesses casos, o uso da irrigação no período de estiagem surge como uma alternativa para minimizar os riscos de perdas na produção, além de proporcionar um maior número de safras por ano (SILVA, 2010). Ademais, a qualidade da água usada para irrigação é um fator decisivo a produção, que pode ser definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Os principais sais presentes na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos (ALMEIDA, 2010).

Neste sentido a avaliação da qualidade da água utilizada na irrigação tem sido imprescindível (ALMEIDA, 2010), sobretudo em regiões semiáridas caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular das chuvas ao longo do ano e intensa evapotranspiração. Essas condições favorecem ao processo de salinização e sodificação, isto é, a acumulação gradativa de sais solúveis e/ou sódio trocável, na zona radicular das plantas nos solos, sendo esse processo acelerado pelas irrigações com água de má qualidade, sem nenhum estudo prévio e pela drenagem muito deficiente (SILVA et al., 2011).

Para Silva et al. (2011), os limites específicos das concentrações salinas permissíveis para a água de irrigação, não podem ser estabelecidos devido às grandes variações de tolerância à salinidade entre as diferentes plantas. Entretanto, de acordo com Bernardo et al. (2006) em plantações que crescem em solos artificialmente ajustados a vários níveis de salinidade, fornecem valiosa informação relativa à tolerância aos sais sendo necessário se fazer uma correta interpretação, analisar os parâmetros relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação.

Segundo Holanda et al. (2010), cerca de 30% das águas avaliadas em estados do Nordeste com ênfase na região semiárida são de baixa qualidade para irrigação, até mesmo em áreas irrigadas com águas com baixa salinidade podem ocasionar problemas com acúmulo de sais, decorrente do manejo ineficiente. Medeiros (1992), constatou que nas principais fontes de água para uso de irrigação no Nordeste brasileiro, comumente encontra-se águas cloretadas, com a proporção de 7:2:1 de Na, Ca e Mg, respectivamente.

De acordo com Nobre et al. (2013) e Ayers e Westcot (1999), as plantas quando cultivadas sob condições de salinidade podem ter o crescimento, o desenvolvimento e a produção comprometidos devido ao efeito osmótico, que reduz a absorção de água pela planta e/ou em função do efeito específico dos íons que causam distúrbios funcionais e injúrias principalmente nas folhas, afetando assim, o metabolismo das plantas.

Efeitos da salinidade no quiabeiro

As informações sobre as exigências hídricas e da resposta do quiabo à salinidade ainda são escassas. Silva et al. (2001) aplicaram durante a fase vegetativa do quiabeiro águas com níveis de salinidade crescente 0,5; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 dS m⁻¹ e concluíram que o incremento da salinidade reduziu o crescimento em altura, diâmetro do caule, área foliar, massa seca da raiz, do caule e da folha a partir das águas com condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹. De acordo com Soares et al. (2007), os sais reduzem a disponibilidade da água para as plantas, ocasionando desequilíbrio nutricional e queda na produção das culturas sensíveis.

Medeiros et al. (2006) avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação na germinação do quiabeiro, concluíram que o aumento do teor salino inibe sensivelmente a germinação das sementes e o vigor das plântulas, especialmente em concentrações salinas acima de 4 dS m⁻¹. O cultivo do quiabeiro em solos salinos e sódicos é prejudicado devido à baixa sensibilidade da cultura aos referidos solos, contudo mecanismos fisiológicos como exclusão e acúmulo de íons, produção de solutos compatíveis e ajuste osmótico associado à variação genética, são importantes ferramentas que auxiliam na tolerância das plantas aos sais (HAQ et al., 2012).

De acordo com Saleen et al. (2011) trabalhando com duas cultivares de quiabo (Nirali e Posa Sawni) sob estresse salino de 50; 100 e 150 mM de NaCl em condições de estufa, notaram que o incremento da salinidade proporcionou um decréscimo significativo na parte aérea e na massa fresca de raiz, a taxa fotossintética e

de transpiração das duas cultivares de quiabo, teor de clorofila *b*, assimilação líquida de CO₂ e maiores concentrações de Na⁺ e Cl⁻ na folhas de ambas as cultivares.

Nascimento et al. (2017) analisando cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,26; 1,0; 2,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹ - O aumento da salinidade da água de irrigação resultou na redução na matéria seca de folhas, caules e raízes na cultura do quiabeiro) e quatro doses de nitrogênio (50, 75, 100 e 125 % da dose indicada para ensaios em vaso), provenientes da combinação entre ureia e nitrato de potássio. A altura e o diâmetro do caule do quiabeiro apresentaram uma resposta negativa ao aumento da salinidade da água aplicada. O aumento da salinidade da água de irrigação resultou na redução na matéria seca de folhas, caules e raízes na cultura do quiabeiro.

Para Nascimento et al. (2013) estudando combinação do fator-pré-colheita (quiabos produzidos sob quatro condições de irrigação: L0 – condutividade elétrica de 0,56 dS m⁻¹ e lâmina correspondente a 110% evapotranspiração da cultura (Etc), L1 – CEa de 2,5 dS m⁻¹ e lâmina correspondente a 80% da ETc, L4 – CEa de 2,5 dS m⁻¹ e lâmina correspondente a 110% da ETc e L6 – CEa de 2,5 dS m⁻¹ e lâmina correspondente a 130% da Etc, com cinco tempos de armazenamento, concluíram que os frutos apresentaram perda de massa em todos os tratamentos. A partir do sexto dia percebeu-se a mudança na aparência externa e escurecimento do pericarpo nos frutos de quiabo independente dos níveis de salinidade, e os sólidos solúveis não foram influenciados pelos tratamentos e nem tempo de armazenamento.

Adubação com nitrogênio e potássio na mitigação do estresse salino

O nitrogênio é um macronutriente essencial para as plantas durante o seu desenvolvimento, o uso de fertilizantes nitrogenados propicia o crescimento e aumento na produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2013), além disso, pode reduzir os efeitos da salinidade nas culturas (Flores et al. 2001). Essa relação se dá pela função desse elemento nas plantas como, função estrutural, fazer parte de vários compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos (TAIZ; ZAIGER, 2013), e importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH e inúmeras enzimas (Harper, 1994). Esses compostos orgânicos podem elevar a capacidade de ajustamento das plantas a salinidade, corroborando com a resistência ao estresse salino (MUNNS, 2005).

Existem relatos que comprovam que a competição existente entre a absorção de nitrato e cloreto, cujo incremento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir a absorção de cloreto pela planta em condições de salinidade, resultando na diminuição do efeito tóxico de Cl^- (AMOR et al., 2000).

Nesse sentido estudos desenvolvidos por Blanco et al. (2008), constataram efeitos benéficos do aumento da adubação nitrogenada sobre a redução do estresse salino nas plantas de tomateiro híbrido Facundo, aplicando doses crescentes 7,5; 15,0 e 22,5g de Nitrogênio por planta, irrigados com água de condutividade elétrica de $9,5 \text{ dS m}^{-1}$, perceberam redução no teor de Cl/N nas plantas com as doses de N, sugerindo que o aumento na adubação nitrogenada pode ser benéfico para o tomateiro sob condições de salinidade moderada.

Andrade Júnior et al. (2011) verificaram que o fornecimento de N na forma de nitrato de potássio foi eficiente na redução do danos causado pela salinidade da água de irrigação ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) no melão 'HALES Best Jumbo' aos 62 dias após o semeio, percebendo um efeito quadrático na produção de frutos, com melhor desempenho na dose de $6,25 \text{ g de N planta}^{-1}$, atingindo produção de $440 \text{ g de frutos por planta}$. Para Nascimento et al. (2017) avaliando o crescimento vegetativo do quiabeiro em função de cinco níveis da salinidade da água de irrigação ($0,26; 1,0; 2,0; 4,0$ e $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$) e quatro doses de nitrogênio (50, 75, 100 e 125 % da dose indicada para ensaios em vaso), concluíram que não houve correlação entre as doses de nitrogênio aplicadas e a matéria seca do caule e das raízes, sendo significativo apenas para a matéria seca das folhas.

De forma semelhante o potássio possui grande importância na planta, sendo constituinte de várias funções, como 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 seca e salinidade (FAQUIN, 2005; MARSCHNER, 2011).

Em condições salinas, maiores concentrações de K^+ em relação ao Na^+ podem reduzir o efeito negativo do acúmulo de sódio, que quando em concentrações elevadas nos tecidos foliares pode afetar processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K, como ativação enzimática, regulação osmótica, abertura estomática, fotossíntese, respiração síntese de proteínas (APSE; BLUMWALD, 2007).

Para a adubação potássica, Gurgel et al. (2010) observaram no meloeiro cv. Goldex aos 63 dias após a semeadura que doses crescentes de 328 e 438 kg de K_2O , utilizando como fonte o cloreto de potássio, minimizaram os efeitos prejudiciais da

salinidade da água de irrigação de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, devido ao K favorecer maior acúmulo de fitomassa nas plantas e nos frutos, e contribui para diminuição da perda de peso dos frutos da cultivar durante o armazenamento, quando as plantas são irrigadas com água de $0,52 \text{ dS m}^{-1}$. De acordo com Pereira et al. (2018) estudando o crescimento do quiabeiro submetido a diferentes níveis de salinidade (S1 = 0,7; S2 = 1,4; S3 = 2,1; S4 = 2,8 e S5 = $3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e doses crescentes de adubação potássica acima da recomendação (60, 80, 100 e 120 %) constataram que a altura de planta, diâmetro caulinar, número de folha e área foliar não foram influenciadas pela adubação potássica.

As interações entre salinidade e potássio é um indicativo de que a dose ótima desse nutriente para mitigação do estresse salino depende da fonte de adubação utilizada e da salinidade na zona radicular das plantas (PRAZERES et al., 2015). Contudo, o uso de doses adequadas de adubos Nitrogenados e potássicos podem amenizar a toxidez provocada pelas elevadas concentrações de sais da água de irrigação sobre o crescimento, fisiologia e qualidade dos frutos do quiabeiro contribuindo para maior rentabilidade da cultura em regiões onde é comumente encontrado águas com níveis salinos elevados na água.

Desta forma, a redução no desbalanço nutricional nas plantas em virtude da competição entre os sais e os nutrientes no processo de absorção de água e nutrientes, a aplicação de determinadas doses de fertilizantes combinadas pode ser uma técnica utilizada para compensar a menor absorção de nutrientes em condições salinas e, assim, aumentar a tolerância das culturas à salinidade (CUARTERO; MUÑOZ, 1999).

LITERATURA CITADA

- Aguiar, F. M. **Resistência de acessos de quiabeiro à murcha-de-fusário**. 2011. 53f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco 2011.
- Almeida, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. 1. ed. Bahia. Cruz das Almas 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26783/1/livro-qualidade-agua.pdf>. Acesso 25. abr. 2016.
- Amor, F. M.; Ruiz-Sánchez, M. C.; Martínez, V.; Cerdá, A. Gás Exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, p. 1315-1325, 2000.
- Apse, M.P.; Blumwald, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, p.2247-2254, 2007.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande – PB UFPB. Trad: Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 1999, 2018 p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado).
- Auerswald, H.; Schwarz, D.; Kornelson, C.; Krumbein, A.; Brueckner, B. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v.82, p.227-242, 1999.
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Bolarin, M. C.; Estañ, M. T.; Caro, M.; Romero-Aranda, R.; Cuartero, J. Relationship between tomato fruit growth and fruit osmotic potential under salinity. **Plant Science**, p. 1153-1159, 2001.
- Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- Christofidis, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, p.115-127, 2013.
- Dalastra, C.; Hernandez, F. B. T.; Barboza, G. C.; Sonogo, C. R. Qualidade da água do córrego do Cedro para fins de irrigação na produção de alimentos consumidos *in-natura*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, p. 52-63, 2014.
- Duzyaman, E. Okra: botany and horticulture. In: JANICK, J. **Horticultural Reviews**, v.21, p.4172, 1997.
- Faquin, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2005. 186-p.

- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.
- Finger, F. L.; Della-Justina M. E.; Casali, V. W. D.; Puiatti, M. Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. **Scientia Agricola**. v.65, p.360-364, 2008.
- Flowers, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p.307-319, 2004.
- Galati, V. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’**. 2010, 26p. Dissertação (mestrado) - Jaboticabal: UNESP. 2010.
- Galati, V. C.; Alves, A. U.; Galati, V. C.; Cecílio Filho, A. B. Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.191-200, 2013.
- Gurgel, M. T.; Uyeda, C. A.; Gheyi, H.R.; Oliveira, F.H.T.; Fernandes, P.D.; Silva, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.3-10, 2010.
- Harper, J. E. Nitrogen metabolism. In: Boote, K.J.; Bennett, J.M.; Sinclair, T.R.; et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt. 11A. p.285-302.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M. Holanda, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F (Eds.). **Manejo da Salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1, ed. Fortaleza, INCTA Sal, 2010. p. 43-61.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário de (2006): Brasil grandes regiões e unidades da Federação, 775 p, 2006. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf. Acesso em: 18 jan. 2020.
- Ikram-Ul-Haq.; Asif Ali Khan.; F.M. Azhar; Ehsan Ullah; Genetic basis of variation for salinity tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Pakistan Journal of Botany**, 42, p.1567-1581, 2010.
- Inomoto, M. M; Silva, R.A.; Pimentel, J.P. (2014). Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* e *P. coffeae* em quiabeiro., *Fitopatologia Brasileira* 29 (5): 551-554.
- Kafkafi, U. Plant nutrition under saline conditions. In: Shainberg, I; Shalhevet, J. (ed.). **Soil salinity under irrigation: processes and management**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319-338.

- Kays, S.J. Postharvest physiology of perishable plant products. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 453 p.
- Lopes, A. W. P. **Doses e épocas de adubação nitrogenada e poda apical na produção e qualidade das sementes de quiabeiro**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista.
- Lima, G. S de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. Dos A.; Pinheiro, F. W. A.; Dias, A. S.; Crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoeira sob estresse salino e adubação nitrogenada, **Comunicata Scientiae**. v.6, p. 212-223, 2015.
- Maas, E. V.; Crop tolerance. **California Agriculture**, Riverside, v.38, p.20-21, 1984.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2002. 889p.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. New York: Academic Press, 2011. 672p.
- Mattheis, J.P.; Fellman, J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.227-232, 1999.
- Medeiros, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós- graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.
- Medeiros, A. de S.; Nobre, R. G.; Ferreira, E. da S.; Araújo, W. L. de; Queiroz, M. M. F. de. Crescimento inicial da berinjela sob adubação nitrogenada e fosfatada e irrigada com água de reuso. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, p. 34-40, 2015.
- Mota, W.F.; Finger, F.L.; Casali, V.W.D. Olericultura: **Melhoramento Genético do Quiabeiro**. Viçosa:UFV, Departamento de Fitotecnia, 2000. 144 p.
- Muller, J.J.V. Produção de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). In: SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA, 1980, Viçosa. **Anais...**Viçosa: Departamento de Fitotecnia.Universidade Federal de Viçosa, 1980. 149p.
- Muller, J.J.V.; Casali, V.W.D. “ed.” SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA; 2ª edição; Viçosa, MG, 1982. v.1, p.107-149.
- Munns, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, p. 645–663, 2005.
- Nascimento, I. B. do.; Ferreira, L. E.; Medeiros, J. F.; Aroucha, E. M. M.; Sousa, C. M. G. de.; Silva, N. K. C.; Izidio, N. S de C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido

- a diferentes lâminas de água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, p. 88-93, 2013.
- Nascimento, P. dos S.; Paz, V. P. da S.; Fraga Júnior, L. S.; Costa, I. P. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v. 13, p.10-15, 2017.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Greyi, H. R.; Lourenço, G.S.; soares, I. a.a. emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.76-85,2013.
- Paes, H. M.F; Esteves, B. S.; Sousa, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 256-261, 2012.
- Prazeres, S. S.; Lacerda, C. F.; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araujo, I. C. S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.9, p. 111-118, 2015.
- Saleem, A.; Ashraf, M.; Akram, N. A. Salt (NaCl)-Induced Modulation in some Key Physio-Biochemical Attributes in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Journal Agronomy & Crop Science**, p. 202-213. 2011.
- Santos, F. X. **Evapotranspiração de cultura e influência de diferentes lâminas e frequências de irrigação no crescimento e produtividade da cultura da cenoura**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia. 81 f.
- Santos, J. B.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Xavier, D. A.; Cavalcante, L. F.; Centeno, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 7, p. 86-96, 2016.
- Silva, A. P.; Santos, C. J. O.; Santos, J. B.; Cavalcante, L. F. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Irriga Botucatu**, v.6, 2006.
- Silva, A. R.; Agra, A. C.; Aleixo, D. L.; Nobrega, V. R.; Dantas, E. D. Situação econômica e produtiva da cultura dos citros no estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, p. 39 – 48 2011.
- Silva, J. S. **Evapotranspiração e produção de melancia sob diferentes níveis de nitrogênio e da salinidade da água de irrigação**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em 78 Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, 2010.

Suojala, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. **Scientia Horticulturae**, v.85, p.119, 2000.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

CAPÍTULO I

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E RELAÇÕES HÍDRICAS EM QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO-POTÁSSIO

RESUMO

Em regiões semiáridas é encontrado comumente alto teores de sais nas distintas fontes hídricas devido ao balanço hídrico negativo e, quando usadas na irrigação podem causar efeitos deletérios como modificações bioquímicas e fisiológicas nas plantas. Desta forma, a aplicação de novas técnicas para viabilizar o cultivo é imprescindível. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os pigmentos fotossintéticos e as relações hídricas em plantas de quiabeiro cultivadas sob estresse salino e combinações de adubações com nitrogênio-potássio. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial de 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco combinações de adubações nitrogenada: potássica (40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130% N + 100% K₂O; 160% N + 120% K₂O), com três repetições, sendo uma planta útil por parcela. A combinação de adubação com 70% N + 60% K₂O aumenta os teores de clorofila *a* e total das plantas de quiabeiro cultivadas sob salinidade da água de 3,1 dS m⁻¹ aos 44 dias após o semeio. Contudo, a adubação com 40% N + 40% K₂O ameniza os efeitos deletérios do estresse salino sobre a síntese de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides até a salinidade da água de 1,7 dS m⁻¹, aos 77 dias após o semeio. O maior tempo de exposição ao estresse salino induz incremento no extravasamento de eletrólitos das plantas de quiabeiro. A adubação com as combinações 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120%K₂O proporcionam menor potencial hídrico nos tecidos foliares das plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 dias após o semeio.

Palavra-chave: *Abelmoschus esculentus* L., fotossíntese, tolerância

ABSTRACT

In semi-arid regions, high levels of salts are commonly found in different water sources due to the negative water balance and, when used in irrigation, they can cause deleterious effects such as biochemical and physiological changes in plants. Thus, the application of new techniques to make cultivation feasible is essential. In this context, the objective of this study was to evaluate photosynthetic pigments and water relations in okra plants grown under salt stress and nitrogen-potassium fertilizer combinations. A randomized block design was used, arranged in a 5 x 5 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) and five nitrogen fertilizer combinations: potassium (40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130% N + 100% K₂O; 160% N + 120% K₂O), with three replications, one useful plant per plot. The combination of fertilization with 70% N + 60% K₂O increases the levels of chlorophyll a and total of okra plants grown under water salinity of 3.1 dS m⁻¹ at 44 days after sowing. However, fertilization with 40% N + 40% K₂O alleviates the deleterious effects of salt stress on the synthesis of chlorophyll a, b, total and carotenoids until the water salinity of 1.7 dS m⁻¹, at 77 days after the sowing. The longer time of exposure to salt stress induces an increase in the extravasation of electrolytes from okra plants. Fertilization with the combinations 130% N + 100% K₂O and 160% N + 120% K₂O provide less water potential in the leaf tissues of okra plants, at 44 and 77 days after sowing.

Keyword: *Abelmoschus esculentus* L., fotosintese, tolerance

INTRODUÇÃO

O quiabo possui grande aceitação no mercado brasileiro por seu valor nutricional, sua palatibilidade, fornecimento de fibras e produção de óleo comestível, tem sido produzido principalmente por muitos pequenos produtores, em alguns casos constituindo-se da principal renda familiar (Paes et al. 2012). Contudo, o quiabeiro é sensível a salinidade da água, sendo a salinidade limiar de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ no extrato de saturação (Maas, 1984). Ikram-UI-Haq et al. (2010) atestam que a tolerância do quiabeiro a salinidade de NaCl depende da variação genética existente entre genótipos, das práticas de manejo de irrigação, adubação e condições climáticas das regiões.

Sendo seu cultivo limitado na região semiárida brasileira devido ao intenso processo de salinização das águas e solos, ocorrendo de forma natural pelo balanço hídrico negativo, ou através de manejo inadequado de irrigação (SOARES et al., 2015). As plantas cultivadas em regiões semiáridas atravessam períodos de exposição à deficiência hídrica no solo e na atmosfera que, potencialmente, prejudicam os processos fisiológicos e morfológicos, resultando em modificações nas rotas de biossíntese dos pigmentos fotossintéticos, bem como no potencial hídrico foliar. Além disso, os efeitos dessas variações na disponibilidade de água comprometem a capacidade de estabelecimento da maioria das plantas cultivadas (SILVA et al., 2012).

Sob condições de estresse salino, as plantas podem sofrer mudanças no conteúdo dos pigmentos fotossintéticos, clorofila a, clorofila b e clorofila total, através da indução de mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência nas plantas. A síntese de compostos, como as Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), resultam em mudanças na translocação do carbono e do nitrogênio e, com isso, alterações no sistema fotossintético (ALDEA et al., 2006).

Sob essas condições, o conteúdo dos pigmentos que constituem o complexo antena pode ser reduzido, levando a um déficit na coleta de energia (BOUCHENAK et al., 2012), as taxas fotossintéticas estão entre os principais metabólitos afetados pelas tensões de sal e água (GLENN et al., 2012). Acredita-se ser possível identificar, mediante essas características, se determinada espécie vegetal apresenta tolerância e/ou capacidade

de desenvolvimento em condições adversas, mediante a indução de mecanismos bioquímicos (SILVA et al., 2014).

O manejo de águas salinas conjugados a adubação nitrogenada e potássica essa técnica poderá reduzir os efeitos do estresse ocasionados pelas elevadas concentrações de sais, sendo que o fornecimento adequado de N e K em doses adequadas, pode reduzir as relações de N/Cl⁻ e Na/K nas folhas, restabelecendo o equilíbrio nutricional e mitigação dos efeitos tóxicos do íon Na⁺, conferindo maior tolerância das plantas à salinidade (BLANCO et al., 2008). Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os pigmentos fotossintéticos e as relações hídricas em plantas de quiabeiro cultivadas sob estresse salino e combinações de adubações nitrogênio-potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se vasos com capacidade de 25L, adaptados como lisímetros de drenagem, instalados na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Campus Pombal - PB Brasil, localizada a 6°46'13" S e 37°48'06" W, a uma altitude de 184 m. O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, com precipitação anual de 750 mm e chuvas concentradas nos meses de dezembro a abril. Realizou-se o monitoramento da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental que compreendeu de Novembro/2018 a Fevereiro/2019 (Figura 1).

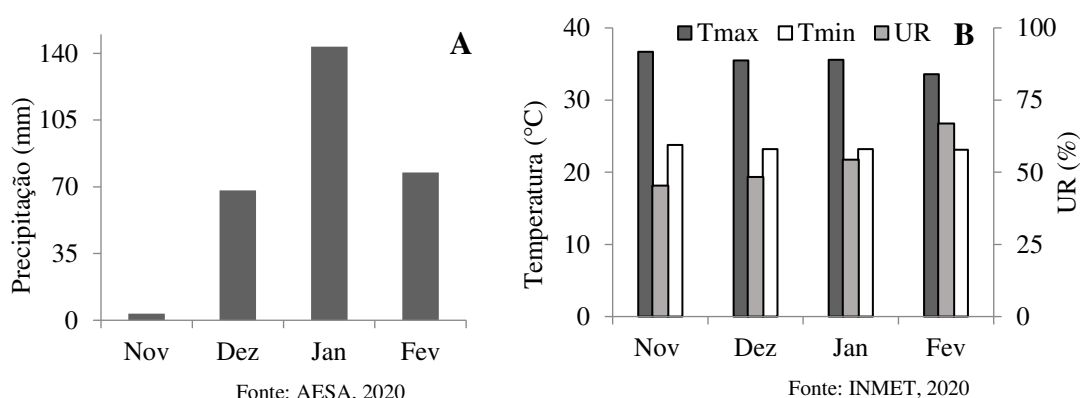


Figura 1: Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro/2018 a fevereiro/2019.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5 com três repetições, composto pelos fatores: níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e as combinações de adubação com nitrogênio-potássio (N₁:K₁ = 40% N + 40% K₂O; N₂:K₂ = 70% N + 60% K₂O; N₃:K₃ = 100% N + 80% K₂O; N₄:K₄ = 130% N + 100% K₂O; N₅:K₅ = 160% N + 120% K₂O). Unindo-se os fatores, obteve-se 25 tratamentos repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 75 unidades experimentais.

O cultivar comercial de quiabeiro utilizado foi o ‘Santa Cruz 47’, com características de vigor e internódios curtos; frutos de coloração verde clara, cilíndricos, ponta ligeiramente recurvada e teor de fibra menor em relação aos outros cultivares. A produção precoce proporciona produtividade elevada, resistência à murcha-verticilar e a podridão-úmida dos frutos, características que tornam essa cultivar padrão de mercado, aclimatando-se as diversas condições (FILGUEIRA, 2008). A produtividade do quiabeiro encontra-se em torno de 15 a 20 t ha⁻¹, mas pode variar em função do período de colheita. O estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a semeadura (DAS) e o reprodutivo de 65 a 120 DAS, porém seu período de frutificação pode superar 200 dias conforme a época de cultivo (GALATI, 2010).

Os lisímetros com 25 L de capacidade foram acoplados a uma mangueira de 1,0 mm na base, de modo a permitir a drenagem e a estimativa do consumo de água por planta (Figura 2D). No preenchimento, utilizou-se uma camada de 1,0 kg de areia grossa mais brita de modo que a base ficasse coberta visando facilitar a drenagem (Figura 2B e C).

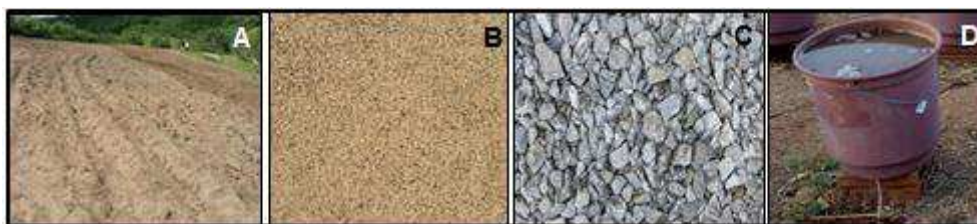


Figura 2. Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.

Seguido a esta camada adicionou-se 22 kg de solo (Figura 2A), não salino e não sódico coletado na zona rural do município de São Domingos – PB, com coleta de amostras na profundidade de 0-0,3 m tabela 1.

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 ⁻¹)cmol _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	
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 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M 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; ^{1, 2} referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação fosfatada foi feita em cobertura com 11,37 g de MAP conforme recomendado por Novais et al. (1991). Em cada lisímetro foram semeadas cinco sementes de quiabeiro de forma equidistante e após a estabilização da emergência realizou os desbastes aos 15 dias após o semeio (DAS), mantendo-se a planta mais vigorosa.

As doses de nitrogênio e potássio foram aplicadas com base em recomendação de Novais et al. (1991), usando-se 100 mg de N kg⁻¹ de solo e 150 mg de K₂O kg⁻¹ de solo. Como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia - CH₄N₂O (45 % de N) e para potássio, o cloreto de potássio - KCl (60% de K), iniciando as aplicações aos 40 (DAS), foram feitas em cobertura e em círculos parcelados em três vezes com intervalo de 15 dias durante o ciclo da cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado através de capinas manual nos vasos e capinas na área experimental e o controle de pragas e doenças, foi estabelecido de acordo com a recomendação da cultura (GONÇALVES, 2009).

As águas com distintas salinidades foram preparadas a partir da água do sistema de abastecimento (0,3 dS m⁻¹). Para o preparo das águas de irrigação considerou-se a relação entre CEa e a concentração de sais (10*meq = 1 dS m⁻¹ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹. Para obtenção das águas com condutividade elétrica a partir de (1,0 dS m⁻¹) fez-se a diluição de NaCl conforme tratamento até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro com temperatura ajustada a 25°C. As águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 500L, devidamente protegido, evitando-se a evaporação e a entrada de água de chuva e contaminação com materiais que poderiam vir a comprometer sua qualidade.

O início do estresse salino ocorreu aos 25 (DAS) com eventos de irrigação realizados com turno de rega de um dia, cuja lâmina aplicada foi determinada com base no balanço

hídrico, (Figura 3) de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9 para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10% aplicada a cada sete dias, a fim de promover a lixiviação do excesso de sais na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Eq. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Eq.1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd = volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10%.



Figura 3. Lisímetros de drenagem com umidade do solo na condição de saturação.

Os pigmentos fotossintéticos foram avaliados nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, vegetativo e reprodutivo, sendo estes aos 44 e 77 (DAS) respectivamente, analisando os teores de carotenoides (470 nM), clorofila *a* (663 nM) e clorofila *b* (646 nM), clorofila total com uso de um espectrofotômetro, utilizando 8 discos de folhas coletadas no terço intermediário do ramo localizado na região mediana da copa das plantas, correspondendo a uma área total de discos de 9,04 cm² por planta. Posteriormente, o material foi picotado e imerso em 6 mL de acetona a 80%, contida em recipientes de vidro de capacidade de 10 mL, onde as amostras permaneceram totalmente no escuro por 48 horas em refrigerador a temperatura de 8 °C para extração dos pigmentos do sobrenadante. Em seguida, foram quantificados os teores de clorofila *a* Cl *a* = ((12,21*A₆₆₃) - (2,81*A₆₄₆)); Cl *b* = ((20,13*A₆₄₆) - (5,03*A₆₆₃)); total Cl T = ((17,3*A₆₄₆) + (7,18*A₆₆₃)) e carotenoides [(1000*A₄₇₀ - 1,82*Cl_a - 85,02*Cl_b)/198] utilizando acetona a 80% como branco, conforme metodologia de Lichtenthäler (1987).

No sentido de avaliar a capacidade de disruptura da membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o extravasamento de eletrólitos na membrana celular aos 44 e 77 DAS. Para tanto, foram coletados na 3ª folha do ápice

caulinar 10 discos foliares de 113 mm² de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos as folhas, os quais foram acondicionados em beckers, com 50 mL de água destilada e fechado hermeticamente com papel alumínio. Os beckers foram mantidos à temperatura de 25°C, por 120 minutos, onde foi procedida a condutividade elétrica inicial (Ci). Posteriormente, os beckers foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de 80°C por 150 minutos, seguida pela mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular, foi obtido $EEF = (Ci/Cf) * 100$ conforme Scotti Campos et al. (2013).

O potencial hídrico da cultura foi determinado aos 44 e 77 (DAS) de modo que a folha, órgão a ser mensurado necessitou-se de um corte e colocado na câmara. A bomba de pressão (tipo Scholander) visando medir a pressão hidrostática negativa (tensão) que existe no xilema de muitas plantas segundo Scholander et al. (1965). Nesse caso é assumido que o potencial Ψ_w do xilema é igual ao Ψ_w médio de todos os órgãos. Antes do corte, a coluna de água no xilema está sob tensão, quando a coluna de água é cortada a água é puxada para dentro dos capilares do xilema. Para fazer a medição, a câmara é pressurizada com gás comprimido até que a água retorne para a superfície do corte, deve-se parar a pressurização e anotar a pressão marcada no manômetro. Este valor negativo corresponde ao Ψ_w do órgão. Fez-se a leitura em uma planta por tratamento, no intervalo entre 6 e 7 horas da manhã.

Os resultados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica para os fator quantitativo salinidade da água de irrigação e teste de médias para o fator qualitativo combinações de nitrogênio e potássio utilizando-se do software estatístico AgroEstat - Sistema para análises Estatísticas (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

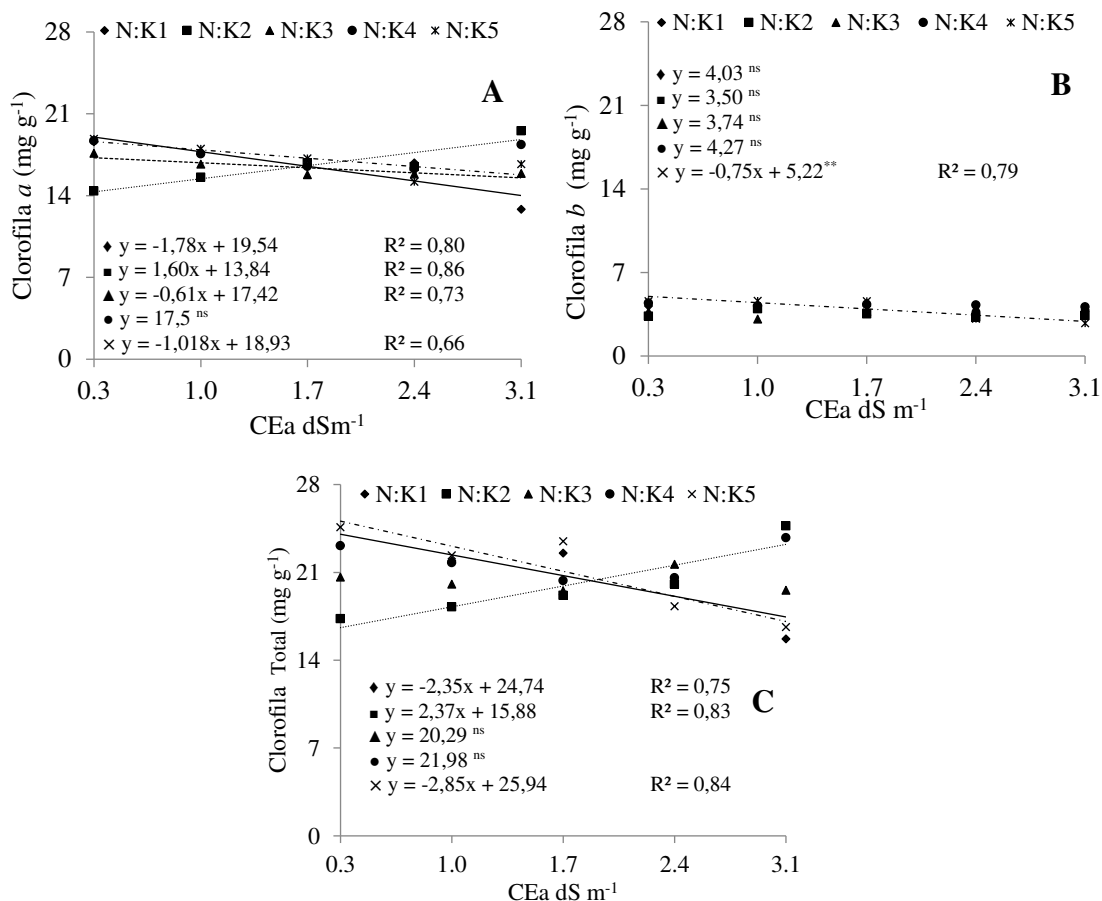
Por meio da análise de variância (Tabela 2) verificou-se diferença significativa da interação entre os fatores salinidade e adubação (S x A) para a clorofila *a* (Cl a), clorofila *b* (Cl b) e clorofila total (Cl T) e carotenoides aos 77 DAS, em plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 dias após semeio. Para carotenoides, aos 44 dias da semeadura constatou-se efeito significativo apenas para salinidade (S).

Tabela 2. Resumo da análise de variância de clorofila *a* (Cl a), clorofila *b* (Cl b), clorofila total (Cl T), carotenoides em plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 dias após o semeio DAS em quiabeiro cv. Sta Cruz 47 irrigados com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações com NK.

Fontes de Variação	Quadrado Médio									
	Cl a		Cl b		Cl T		Carotenoides		GL	
	44	77	44	77	44	77	44	77	Dias após o semeio	
Salinidade	13,06**	5,27**	1,32*	42,99**	6,77**	71,82**	3,99**	0,79**	4	
Adubação	5,38**	8,69**	1,38*	14,69**	11,97**	27,20**	0,29 ^{ns}	0,48**	4	
S x A	12,29**	8,67**	3,14**	6,51**	24,57**	13,35**	0,72 ^{ns}	0,34**	16	
Bloco	0,46 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,71**	0,00 ^{ns}	24	
Erro	0,88	0,58	0,38	0,36	2,10	2,04	0,50	0,02	-	
Média Geral	16,75	3,65	4,03	3,68	20,75	7,40	5,22	0,52	-	
CV (%)	5,61	20,84	15,40	16,30	6,99	19,30	13,65	28,56	-	

*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

No desdobramento das salinidades das águas de irrigação dentro das combinações de adubação, verifica-se (Figura 4), que houve efeito linear decrescente sobre os teores de clorofila *a* aos 44 dias após o semeio em função do aumento da salinidade nas plantas adubadas com as combinações de 40% N + 40% K₂O; 100% N + 80% K₂O e 160% N + 120% K₂O, cuja diminuição foi de 26,2; 9,9 e 14,9%, respectivamente por aumento unitário na CEa. Já nas plantas que foram adubadas com 70% N + 60% K₂O apresentaram comportamento linear crescente com incremento de 24,33% na clorofila *a* pôr aumento unitário na CEa de irrigação, isso pode ser um indicativo de que a combinação adequada pode mitigar o estresse salino, o aumento no teor de clorofila indica baixa ação da enzima clorofilase responsável por sua degradação na presença de excesso de sais (TAIZ et al., 2015).



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio -N:K₂O N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 4. Clorofila a – (A) Clorofila b - (B) e clorofila total – (C) em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEA e combinações de adubações com NK, aos 44 dias após a semeadura.

A redução nos teores de clorofila *b* (Figura 4B) e total aos 44 dias após o semeio em função do aumento da salinidade nas plantas adubadas com as combinações de 40% N + 40% K₂O, 100% N + 80% K₂O e 160% N + 120% K₂O, cuja diminuição para a clorofila *a* foi de 26,2; 9,9 e 14,9%, respectivamente, a redução na clorofila *b* foi de 42,0% e na clorofila total essa redução foi de 27,3 e 31,8% por aumento unitário na CEA. Já nas plantas adubadas com as combinações 70% N + 60% K₂O, as variáveis clorofila *a* e clorofila total apresentou comportamento com efeito linear crescente, com incremento de 24,33 e 39,96% respectivamente por aumento unitário na CEA de irrigação é um indicativo de que o incremento na adubação é eficiente na mitigação do estresse salino. O aumento nos teores de clorofila indica baixa ação da enzima clorofilase responsável pela sua degradação. (TAIZ et al. 2015).

A redução nos teores de clorofila *b* é decorrente do acúmulo de sais acima do tolerado pela cultura situação que promove desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas (MUNNS; TESTER, 2008). Todavia, a diminuição na síntese de clorofila *a* pelo acúmulo de sais nos tecidos vegetais, pode não estar associadas apenas aos efeitos deletérios do estresse salino ao metabolismo vegetal, pode ser um mecanismo de tolerância ao estresse, adotada a fim de conservar energia e, conseqüentemente captar menos energia, evitando dessa forma estresse foto-oxidativo (TABOT; ADAMS, 2013).

O declínio observado na clorofila *b* em plantas de quiabeiro cultivado com águas salinas ocorre devido a ação do excesso de sais na síntese da enzima clorofilase, que age na degradação das moléculas deste pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos, promovendo o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação (FREIRE et al., 2013). A degradação no teor de clorofila *b* é mais acentuada pelo estresse salino que o teor de clorofila *a*, implicando em um aumento da relação entre a clorofila *a/b*. O aumento desta relação pode ser justificado pelo fato que o primeiro passo na degradação da clorofila *b* é a sua conversão em clorofila *a* (FANG et al., 1998) Neves et al. (2013) também relataram que o incremento da salinidade reduziu os teores de clorofila *a*, *b* e total em híbridos de arroz após 30 dias de estresse salino.

Os carotenoides considerados pigmentos acessórios se ajustaram ao modelo linear decrescente com incremento dos níveis salinos (Figura 5) com uma média de 5,49 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade 0,3 dS m⁻¹ decrescendo-se para 4,99 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de maior salinidade 3,1 dS m⁻¹, correspondendo a um declínio de 9,1% com um decréscimo de 0,2343 mg g⁻¹ nos teores de carotenoides por aumento unitário na salinidade da água de irrigação. Os carotenoides são metabólitos que protegem as plantas de espécies reativas de oxigênio (MITTLER, 2006), sendo que a diminuição destes pigmentos pode acarretar estresse oxidativo, em virtude da degradação das membranas dos tilacoides pelo excesso de EROs geradas (KIM et al., 2004).

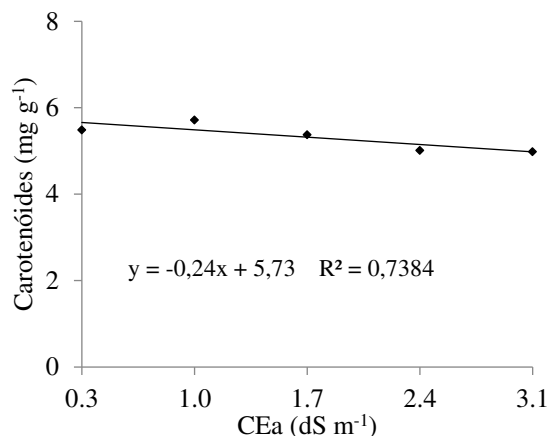
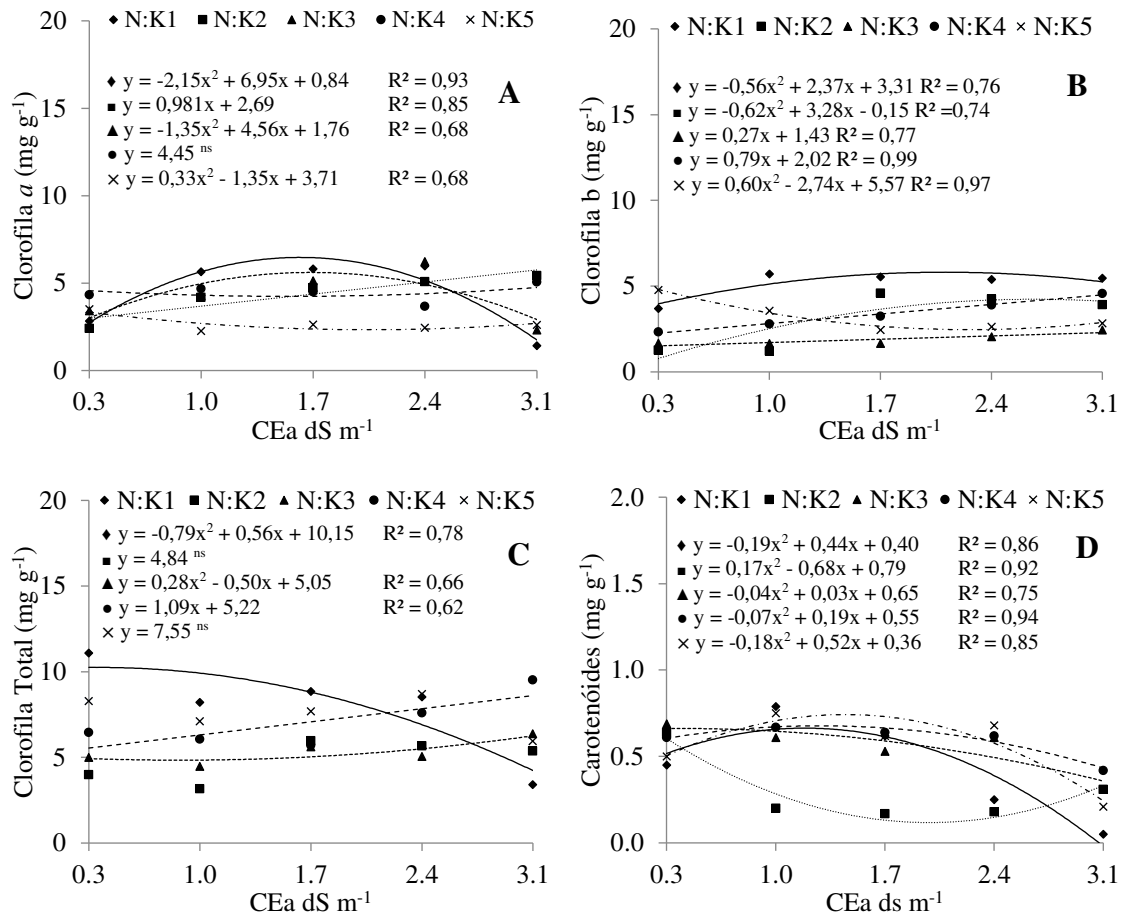


Figura 5. Carotenoides – (D) em quiabeiro cv. Sta Cruz 47 em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 44 dias após a semeadura

O estresse salino prejudicou o teor de clorofila *a* aos 77 dias após a semeadura, quando o nível da salinidade da água de irrigação foi superior a 1,7 dS m⁻¹ com 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O reduziu a partir de 0,3 dS m⁻¹, (Figura 6E) nas plantas adubadas com a combinação de 40% N + 40% K₂O; 100% N + 80% K₂O e 160% N + 120% K₂O os dados se ajustaram ao modelo quadrático, atingiram o ponto máximo de 6,46 e 5,61 mg g⁻¹ respectivamente, na salinidade da água de 1,7 dS m⁻¹, na salinidade de 0,3 dS m⁻¹ o ponto máximo foi de 3,33 mg g⁻¹. No entanto, para as plantas adubadas com 70% N + 60% K₂O houve efeito linear crescente, com incremento de 144,1% quando a salinidade da água de irrigação aumentou de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹. Todavia as plantas adubadas com as combinações de 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O apresentaram pouca alteração com o incremento da salinidade da água de irrigação, isto pode estar associado ao aumento nas doses de potássio que tem sido amplamente estudado como um atenuador dos efeitos deletérios dos sais na plantas, tendo em vista que esse elemento favorece a formação de carboidratos e uso eficaz da água pelas plantas quando combinado com o nitrogênio (ARAÚJO et al., 2012), tem função de ativar enzimas, agente osmorregulador, controlar a abertura e o fechamento estomático e resultar em competição com outros elementos notadamente o Na⁺ (DIAS et al., 2019)

A diminuição nas concentrações de clorofila *a* em altas concentrações de sais é resultado das alterações na integridade do seu maquinário fotossintético. O estresse pode inibir a síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila, ou aumentar a atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2013). A clorofila é o pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no

processo de fotossíntese e, dessa forma, a concentração de pigmentos tem sido frequentemente utilizada como um indicador do efeito dos estresses ambientais sobre as plantas (TAIZ; ZAIGER, 2017).



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio -N:K₂O N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 6. Clorofila a – (A), clorofila b - (B), clorofila total – (C) e carotenoides - (D) em quiabeiro cv. Sta Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEA e combinações de adubações com NK, aos 77 dias após a semeadura.

Estudando os níveis de salinidade da água de irrigação dentro das combinações de adubação, percebe-se comportamento quadrático com acréscimo nos níveis de clorofila *b* até a salinidade da água de irrigação de 2,4 dS m⁻¹ nas plantas adubadas com as combinações 40% N + 40% K₂O e 70% N + 60% K₂O (Figura 6B) cujo o ponto máximo foi de 5,81 e 4,18 mg g⁻¹, respectivamente. Contudo, as plantas adubadas com a combinação de 160%N + 120%K₂O houve efeito quadrático com o ponto máximo de 4,80 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade 0,3 dS m⁻¹

¹, decrescendo a partir dessa CEa. Todavia, as combinações de 100% N + 80% K₂O e 130% N + 100% K₂O tiveram comportamento linear crescente, com incremento de 49,66% e 98,22% com o aumento da salinidade de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹ (Figura 6B) o incremento no teor de clorofila b observados nas combinações 100% N + 80% K₂O e 130% N + 100% K₂O com aumento do nível salino da água de irrigação, é um processo de defesa contra a fotooxidação, conseqüentemente evitar uma redução na eficiência fotossintética (SILVA et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Mendes et al. (2011) ao observarem que o incremento nos teores de clorofila em plantas de abacaxi ornamental induziu um aumento na síntese de clorofila b expostas ao estresse salino e atribuiu essa resposta ao aumento do cloroplasto ou aumento do número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao maquinário fotossintético.

Para os teores de clorofilas totais (Figura 6C) nas plantas que foram tratadas com 40% N + 40% K₂O reduziram seus teores com o incremento da salinidade, cujo o ponto máximo foi de 10,24 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade 0,3 dS m⁻¹ (Figura 6C), já as plantas adubadas com a combinação 130% N + 100% K₂O houve efeito linear crescente, com aumento nos teores de clorofilas totais com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação para 3,1 dS m⁻¹ de 45,9%, outrora, as plantas adubadas com 100% N + 80% K₂O, apresentaram comportamento quadrático com ponto máximo de 6,19 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de maior CEa 3,1 dS m⁻¹.

A perda nos teores de clorofila em plantas submetidas a estresse salino, certamente está atribuída ao aumento da enzima clorofilase, que degenera as moléculas desse pigmento fotossintetizador segundo Freire et al. (2013). Além disso, o excesso de sais ocasiona a degradação do β-caroteno, acarretando numa redução no teor de carotenoides, que são componentes integrados dos tilacóides, atuando na absorção e transferência da luz para a clorofila (SILVA et al., 2016). Ressalta-se que o declínio encontrado pode ser atribuído à aclimatação das plantas ao estresse salino, na intenção de economizar energia e, captar menos energia luminosa, dessa forma reduzir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência de elétrons, evitando fotooxidações (SILVA et al., 2016).

Os níveis salinos dentro das combinações de adubação incrementaram os teores de carotenoides com aumento da condutividade elétrica nas plantas tratadas com 40% N + 40% K₂O, 100% N + 80% K₂O, 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O,

atingindo o ponto máximo de 0,65, 0,66, 0,67 e 0,73 mg g⁻¹ com o aumento CE da água de irrigação de 0,3 em até 1,7 dS m⁻¹ (Figura 6 H). Já nas plantas tratadas 70% N + 40% K₂O os carotenoides atingiram o seu máximo de 0,60 mg g⁻¹ quando as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, decrescendo a partir deste nível salino. Sendo que os carotenoides podem atuar como agentes antioxidantes, os quais protegem as membranas lipídicas do estresse oxidativo gerado nas plantas expostas a salinidade (FALK; MUNNÉ-BOSCH, 2010). Assim esse aumento nos carotenoides está relacionado a intensificação do estresse salino sobre as plantas de quiabeiro, provavelmente relacionado com a degradação das moléculas.

Estudando a análise de variância para extravasamento de eletrólitos e potencial hídrico (Tabela 3) verifica-se diferença significativa da interação entre os fatores salinidade e adubação (S x A) para extravasamento de eletrólitos (%) e potencial hídrico foliar (Ψ_w), em plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 dias após sementeio.

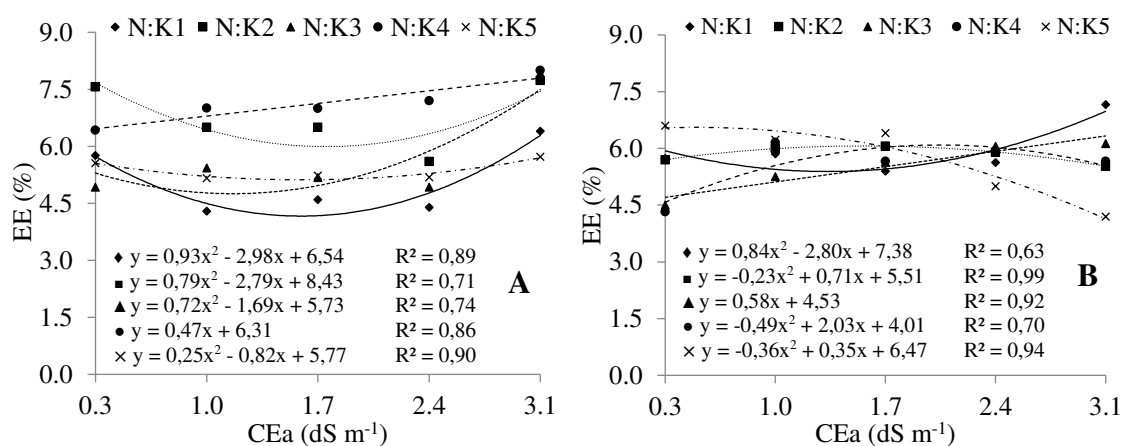
Tabela 3. Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos (%) e potencial hídrico foliar (Ψ_w) em plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 DAS em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 irrigados com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações com NK aos 44 e 77 DAS.

Fontes de Variação	Quadrado Médio				GL
	Extravasamento		Potencial hídrico		
	44	77	44	77	
	Dias após o sementeio				
Salinidade	9,79**	5,50**	2,49**	4,0**	4
Adubação	14,44**	2,01*	1,83**	7,42**	4
S x A	1,44**	3,66**	7,04**	5,15**	16
Bloco	1,67*	0,67 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,09 ^{ns}	24
Erro	0,43	0,74	0,40	0,28	-
Média Geral	5,98	5,78	4,94	3,70	-
CV (%)	11,01	14,90	12,80	14,52	-

*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Analisando as combinações de adubação dentro dos níveis de salinidade estudados, verificou-se (Figura 7A) comportamento quadrático para combinações de 40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O e 160% N + 120% K₂O que atingiram o ponto mínimo de 4,15, 5,96, 4,73 e 5,09% para o conteúdo de extravasamento de eletrólitos quando as plantas foram irrigadas com água de salinidade até 1,7 dS m⁻¹ reduzindo com o incremento da salinidade. Já a combinação de 130% N + 100% K₂O verificou comportamento linear, com acréscimo de 19,4% com o aumento na condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹ aos 44 DAS. Sousa et

al. (2017) trabalhando com níveis salinos (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m^{-1}) em combinações de copa/porta enxerto de citros, relata que o extravasamento de eletrólitos indica resistência da membrana celular aos danos que podem ser ocasionados por estresses, a exemplo do salino, dessa forma quanto menor os valores obtidos no extravasamento, mais estável é a membrana celular.



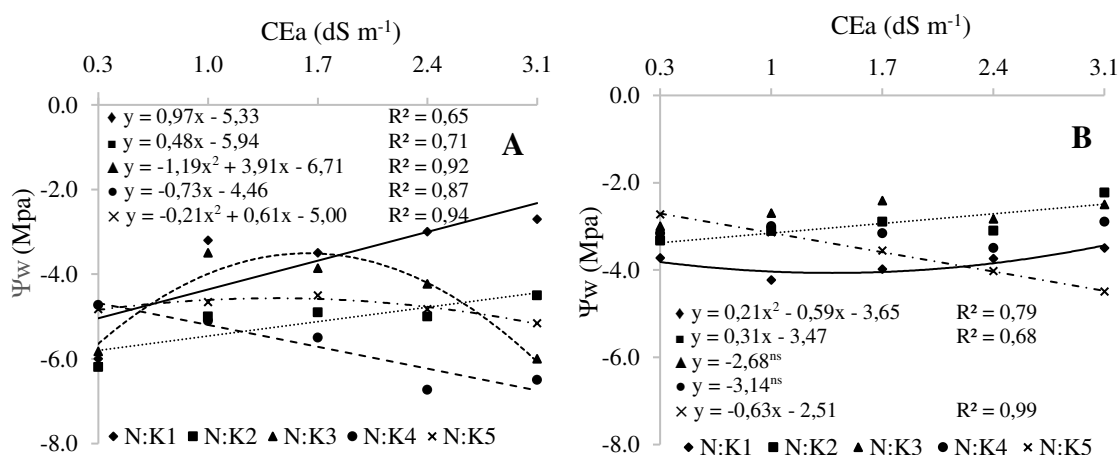
Combinações de adubação com nitrogênio-potássio -N:K₂O N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 7. Extravasamento de eletrólitos (EE) aos 44 DAS (A) e aos 77 DAS (B), em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK.

Outrora, o extravasamento de eletrólitos aos 77 dias após o semeio verificou-se efeito quadrático dos níveis salinos dentro das combinações de adubação (Figura 7B) nas plantas que receberam as combinações de adubações de 70% N + 60% K₂O; 130% N + 100% K₂O com valores máximos no conteúdo de eletrólitos de 6,05 e 6,11% com incremento da salinidade da água de até 1,7 dS m^{-1} . Todavia, as plantas adubadas com 100% N + 80% K₂O teve comportamento linear crescente, com incremento de 36,8% com a elevação do nível da salinidade da água de irrigação de 0,3 para 3,1 dS m^{-1} . Esse aumento observado no extravasamento de eletrólitos deve estar associado ao efeito fitotóxico ocasionado pelos sais aos vegetais, e o acúmulo de íons nos tecidos, segundo Ben-Amor et al. (2006) esse aumento no extravasamento de eletrólitos com o aumento da salinidade da água de irrigação se deve a maior fluidez ocasionada as membranas em decorrência das injúrias, como estresse salino. Contudo, as plantas tratadas com a combinação de 40% N + 40% K₂O reduziram o extravasamento de eletrólitos atingindo

ponto mínimo de 5,04% com o incremento da salinidade até o nível de 1,7 dS m⁻¹. Para as plantas tratadas com a combinação de 160% N + 120% K₂O notou-se comportamento quadrático com reduções no extravasamento de eletrólitos de 4,09% até o nível de 3,1 dS m⁻¹.

Para os níveis das salinidades das águas de irrigação estudados dentro das combinações de adubação, percebe-se (Figura 8A), que houve efeito linear crescente para o potencial hídrico das plantas adubadas com as combinações de 40% N + 40% K₂O e 70% N + 60% K₂O com aumento de 53,8 e 23,1% com o incremento da condutividade elétrica de 0,3 até 3,1 dS m⁻¹. Já nas plantas adubadas com a combinação 130% N + 100% K₂O os dados se ajustaram de maneira linear decrescente com reduções de 43,8% no potencial hídrico aos 44 DAS com o incremento da salinidade água de irrigação de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹. Todavia, as plantas adubadas com as combinações de 100%N + 80%K₂O e 160% N + 120% K₂O os dados se ajustaram de maneira quadrática atingindo o ponto máximo de -3,50 e -4,55 Mpa quando as plantas foram irrigadas com água de 1,7 dS m⁻¹. Prisco (1980) relata que, em algodão, o potencial hídrico tende a decrescer em plantas cultivadas em ambiente salino. O autor observou que o potencial osmótico da solução externa de -0,05; -0,35; -0,65 e -0,85 correspondeu, respectivamente, a valores de Y_{wf} de -0,06; -0,90; -1,1 e -1,3 MPa. Segundo o mesmo, a redução do potencial hídrico, nesta situação, está associada, provavelmente, à presença de íons solúveis permeáveis nas células da raiz. Katerji et al. (1997), trabalhando com beterraba açucareira sob condições de estresse salino (NaCl), observaram que o potencial hídrico da folha decresceu com a salinidade de -0,25 para -1,5 MPa quando era cultivada em 0 e 200 mmol L⁻¹ de NaCl, respectivamente.



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio -N:K₂O N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 8. Potencial hídrico foliar – Ψ_w aos 44 DAS (A) e aos 77 DAS (B), em quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 44 e 77 dias após a semeadura.

Para o potencial hídrico foliar avaliado aos 77 dias após a semeadura nota-se comportamento linear crescente quando as plantas foram tratadas com as combinações de 70% N + 60% K₂O (Figura 8 L) com aumento no potencial hídrico 23,9% com o incremento da salinidade de 0,3 até 3,1 dS m⁻¹. Nas plantas adubadas com a combinação de 160% N + 120% K₂O o percebe-se comportamento linear decrescente com redução de 69,7% com o incremento da salinidade até o nível de 3,1 dS m⁻¹. Outrora, as plantas adubadas com a combinação de 40%N + 40%K₂O os dados se ajustaram de maneira quadrática, com o ponto máximo de -3,46 Mpa quando as plantas foram irrigadas com água de 3,1 dS m⁻¹.

O acréscimo no potencial hídrico ocorreu apenas quando as plantas foram adubadas com as menores combinações de adubações, isso se deve ao efeito benéfico ocasionado pelos nutrientes as plantas sob estresse salino que em quantidades adequadas pode ser uma técnica utilizada para compensar a menor absorção de nutrientes em condições salinas e, assim aumentar a tolerância das culturas à salinidade (CUARTERO; MUÑOZ,1999).

O acúmulo de íons soluto nas células do tecido foliar, permite que a planta mantenha um gradiente com a solução a externa. Contudo, as plantas com homeostase iônica exibem maiores valores relacionados a concentrações de K⁺/Na⁺, Ca²⁺/Na⁺ e NO₃⁻/Cl⁻ e são consideradas tolerantes ao estresse salino (KAFKAFI,1984). Andrade Junior et al. (2011) salientam que o incremento de fertilizantes aplicados em uma cultura sensível à salinidade poderá elevar essas ligações nas folhas e, portanto, promover um aumento na tolerância das culturas.

CONCLUSÕES

A combinação de adubação com 70% N + 60% K₂O aumenta os teores de clorofila *a* e total das plantas de quiabeiro cultivadas sob salinidade da água de 3,1 dS m⁻¹ aos 44 dias após o semeio. Contudo, a adubação com 40% N+40% K₂O ameniza os efeitos deletérios do estresse salino sobre a síntese de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides até a salinidade da água de 1,7 dS m⁻¹, aos 77 dias após o semeio.

O maior tempo de exposição ao estresse salino induz incremento no extravasamento de eletrólitos das plantas de quiabeiro.

A adubação com as combinações 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O proporcionam menor potencial hídrico nos tecidos foliares das plantas de quiabeiro, aos 44 e 77 dias após o semeio, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Aldea, M. et al. Comparison of photosynthetic damage from arthropod herbivory and pathogen infection in understory hardwood saplings. **Oecologia**, v. 149, p. 221-232, 2006.
- Andrade Júnior, W. P.; Pereira, F. H. F.; Fernandes, O. B.; Queiroga, R. C. F.; Queiroga, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 110 - 119, 2011.
- Apse, M.P.; Blumwald, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, p.2247-2254, 2007.
- Bouchenak, F.; Henri, P.; Benrebiha, F.Z.; Rey, P. Differential responses to salinity of two *Atriplex halimus* populations in relation to organic solutes and antioxidant systems involving thiolreductases. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1445-1453, 2012.
- Ben-Amor, N.; Jimenez, A.; Megdiche, W.; Lundqvist, M.; Sevilla, F.; Abdelly, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. **Physiologia Plantarum**, v. 126, p. 446-457, 2006.
- Blanco, F. F.; Folegatti, M. V.; Henriques Neto, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 26-33, 2008.
- Barbosa, J. C.; Maldonado Júnior, W. Experimentação agrônômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaio agrônômicos. Jaboticabal: **gráfica Multipress Ltda**, p.396, 2015.
- Dias, A. S.; Lima, G. S.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A. Gas Exchanges, Quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian Cherry under salt stress and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v. 32, p.429-439, 2019.
- Falk, J., Munné-Bosch, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal and Experimental Botany**, v. 61, p. 1549-1566, 2010.
- Fang, Z.; Bouwkamp, J.C.; Solomos, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.49, p.503-510, 1998.
- Ferreira, F. J.; Amorim, A. V.; Araújo, F. J. F DE.; Lacerda, C. F.; Aquino, M. D. Salinização do solo e desenvolvimento de meloeiro com a aplicação de resíduo de caranguejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 359-364, 2011.

- Freire, J. L. O.; Cavalcante, L. F.; Nascimento, R.; Rebequi, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, p. 57-70, 2013.
- Galati, V.C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’**. 2010, 26p. Dissertação (mestrado) - Jaboticabal: UNESP. 2010.
- Ikram-Ul-Haq.; Asif Ali Khan.; F.M. Azhar; Ehsan Ullah; Genetic basis of variation for salinity tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Pakistan Journal of Botany**, 42, p.1567-1581, 2010.
- Kafkafi, U. Plant nutrition under saline conditions. In: Shainberg, I; Shalhevet, J. (ed.). **Soil salinity under irrigation: processes and management**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319-338.
- Kim, Dae-II; Matshuyama, Y.; Nagasoe, S.; Yamaguchi, M.; Yoon, Yang- Ho, Oshima, Y.; Imada, N.; Honjo, T. Effects of temperature, salinity and irradiance on the growth of the harmful red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* Margalef (Dinophyceae). *Journal of Plankton Research*, v. 26, p. 61-66. 2004.
- Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**, v.148, p.350-382. 1987.
- Maas, E. V.; Crop tolerance. **California Agriculture**, Riverside, v.38, p.20-21, 1984.
- Mendes, B.S.S.; Willadino, L.; Cunha, P.C.; Oliveira Filho, R.A.; Camara, T.R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v.24, p.71-77, 2011.
- Mittler, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v. 11, p. 15-19, 2006.
- Munns R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.12, p.662-679, 2008.
- Neves, L.A.S.; Spat, C. Concentração de clorofila e de prolina em genótipos de arroz submetidos à salinidade. **Revista Unimontes Científica**, v.15, p. 1-10 2013.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. de; Garrido, W. E.; Araujo, J. D.; Lourenço, S. (Ed.). **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-273.
- Paes, H. M.F; Esteves, B. S.; Sousa, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 256-261, 2012.

- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de Greyi, H. R.; Sousa, J. R. de.; Queiroz, J. E. p.117 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48), 1992.
- 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, p. 1002-1013, 2013.
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Hemmingsen, E.A.; & Bradstreet, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339346, 1965.
- Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Lacerda, C. F.; Sousa, C. H. C.; Chagas, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, p. 317-325, 2016.
- Silva, L. A.; Brito, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; Moreira, R. C. L.; Soares Filho, W. dos S.; Fernandes, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1-7, 2014. Suplemento
- Silva, M. de A.; Santos, C. M. dos; Vitorino, H. dos S.; Rhein, A. F. de L. Pigmentos fotossintéticos e índice Spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 173-181, 2014.
- Silva Júnior, C. D.; Santana, M. C. de. Effects of Vapour Pressure Deficit on Gas Exchange of Coconut Palm Tree Grown under Irrigation. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 191-195, 2013.
- Soares, L. A. A.; Brito, M. E. B.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. DE; Soares Filho, W. S.; Oliveira, E. S. de. Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 211-217, 2015.
- Sousa, J. R. M.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Silva, F. A. F.; Lima, G. S. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.22, p. 353-368, 2017.
- Tabot, P.T.; Adams, J.B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for diferente salinity treatments. **South African Journal of Botany**, v. 84, p. 19–29, 2013.
- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954p

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. **Plant physiology and development**. 6^a.

Ed. Sinauer Associates, 2015.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 918p.

Viana, E. M.; Kiehl, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo.

Bragantia, v. 69, p. 975-982, 2010.

CAPÍTULO II

MORFOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGÊNIO-POTÁSSIO

RESUMO:

O quiabeiro é sensível à salinidade da água e do solo, situação comum na região semiárida do Nordeste Brasileiro, todavia, tal sensibilidade pode ser variável com o manejo nutricional da cultura. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e as trocas gasosas de quiabeiro cultivado com águas salinas e combinações de adubação com NK. O experimento foi conduzido em vasos sob condições de campo, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5 com três repetições, sendo cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco combinações de adubações nitrogenada: potássica (40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130% N + 100% K₂O; 160% N + 120% K₂O). Foram avaliadas variáveis de crescimento e trocas gasosas. A adubação com 40%N + 40%K₂O possibilita o uso de água com salinidade de 1,7 dS m⁻¹ com menor redução no crescimento em altura de plantas e diâmetro de caule, aos 40 dias após o semeio. As combinações de adubação com 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130% N + 100% K₂O resulta em menor declínio na área foliar das plantas de quiabeiro, aos 40 dias após o semeio. Todavia, aos 70 dias após o semeio, as combinações de adubação 40%N + 40%K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O promove maior crescimento em área foliar. A salinidade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹ diminui a transpiração, a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO₂ e a eficiência instantânea da carboxilação de quiabeiro, aos 58 dias após o semeio.

Palavras chaves: *Albemochus esculentus L.*, estresse salino, tolerância

ABSTRACT:

The okra is sensitive to the salinity of water and soil, an abiotic stress common in the semi-arid region of northeastern Brazil, however, such sensitivity is variable with water management in the soil-plant-atmosphere system. Thus, the objective was to evaluate the growth and gas exchange of okra cultivated with saline water and fertilizer combinations with NK. The experiment was carried out in pots under field conditions, using a randomized block design, in a 5 x 5 factorial scheme with three replications, with five levels of irrigation water salinity - CEa (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) and five nitrogen fertilizer combinations: potassium (40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130 % N + 100% K₂O; 160% N + 120% K₂O). Growth variables and gas exchange were evaluated. Fertilization with 40% N + 40% K₂ makes it possible to use water with salinity of 1.7 dS m⁻¹ with less reduction in growth in plant height and stem diameter, 40 days after sowing. The fertilizer combinations with 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; 130% N + 100% K₂O results in less decline in the leaf area of okra plants, 40 days after sowing. However, at 70 days after sowing, fertilizer combinations 40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O promotes greater growth in leaf area. Water salinity from 0.3 dS m⁻¹ decreases transpiration, stomatal conductance, CO₂ assimilation rate and instant efficiency of okra carboxylation, 58 days after sowing.

Key words: *Albemochus esculentus L.*, saline stress, tolerance

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se pelas condições edafoclimáticas propícias para maioria das plantas cultivadas, dentre elas, o quiabeiro (*Albemochus esculentus* L.) devido a sua rusticidade, ressaltando a tolerância ao calor e a não exigência de tecnologias avançadas para seu cultivo (OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, no semiárido do Nordeste brasileiro para produzir de forma satisfatória, a cultura do quiabeiro necessita do uso da irrigação suplementar devido ao desbalanço agroclimático (NASCIMENTO et al., 2013). Devido aos baixos índices pluviométricos dificulta o desenvolvimento dessa cultura, entretanto, na maioria das vezes a água usada para irrigação provenientes de poços e açudes são consideradas de baixa qualidade por apresentar salinidade média de 2,5 dS m⁻¹ (FERREIRA et al., 2012).

Um dos principais fatores abióticos limitantes do ambiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas é a salinidade, isso ocorre pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, dessa forma a planta precisa dispende mais energia para absorver água e nutrientes (LEONARDO et al., 2008). Diante disso, Andrade Júnior et al. (2011) salientaram que o incremento de fertilizantes aplicados em uma cultura sensível à salinidade poderá elevar as concentrações de N e K nas folhas e, portanto, promover o um aumento na tolerância da cultura a salinidade.

Em virtude da importância do nitrogênio para o crescimento e desenvolvimento das plantas, por ser elemento estrutural e por fazer parte de inúmeros compostos orgânicos vitais para o vegetal como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos (TAIZ; ZAIGER, 2017), o manejo adequado desse nutriente contribui para o crescimento vegetativo, expansão fotossintética e aumenta a produtividade das culturas em condições de estresse salino (SOUZA et al., 2017). De forma semelhante o potássio também possui grande importância na planta, sendo constituinte de várias funções, como 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 seca e salinidade. (FAQUIN, 2005; MARSCHNER, 2011). Esses compostos orgânicos podem elevar a capacidade de ajustamento das plantas a salinidade, corroborando com a resistência ao estresse salino (MUNNS, 2005).

Sendo assim, diante da relevância da cultura para economia e dieta dos brasileiros e a sensibilidade que essa espécie apresenta a salinidade, objetivou-se avaliar

o crescimento e as trocas gasosas do quiabeiro cultivado com águas de distintas salinidades e adubação com combinações de nitrogênio-potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se vasos com capacidade de 25L, adaptados como lisímetros de drenagem, instalados na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Campus Pombal - PB Brasil, localizada a 6°46'13" S e 37°48'06" W, a uma altitude de 184 m. O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, com precipitação anual de 750 mm e chuvas concentradas nos meses de dezembro a abril. Realizou-se o monitoramento da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental que compreendeu de Novembro/2018 a Fevereiro/2019, (Figura 1).

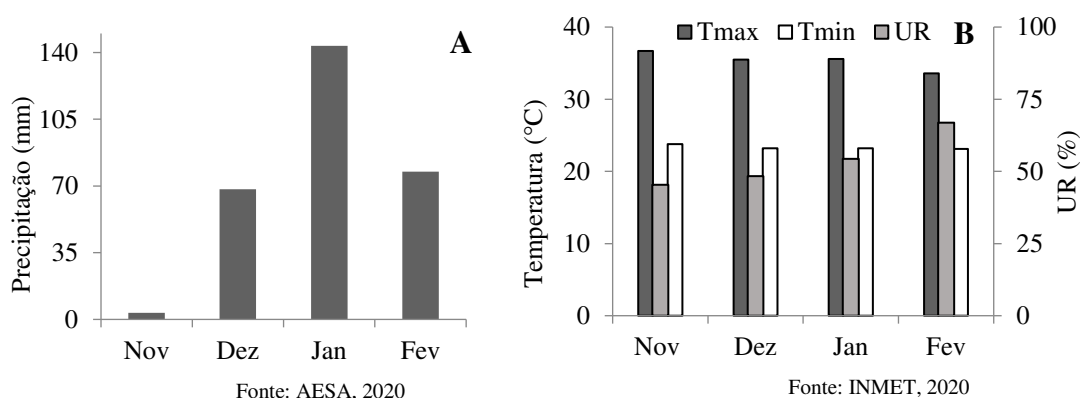


Figura 1: Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro/2018 a fevereiro/2019.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5 com três repetições, composto pelos fatores: níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e as combinações de adubação com nitrogênio- potássio (N₁:K₁ = 40% N + 40% K₂O; N₂:K₂ = 70% N + 60% K₂O; N₃:K₃ = 100% N + 80% K₂O; N₄:K₄ = 130% N + 100% K₂O; N₅:K₅ = 160% N + 120% K₂O). Unindo-se os fatores, obteve-se 25 tratamentos repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 75 unidades experimentais.

O cultivar comercial de quiabeiro utilizado foi o ‘Santa Cruz 47’, com características de vigor e internódios curtos; frutos de coloração verde clara, cilíndricos, ponta ligeiramente recurvada e teor de fibra menor em relação aos outros cultivares. A produção precoce proporciona produtividade elevada, resistência à murcha-verticilar e a podridão-úmida dos frutos, características que tornam essa cultivar padrão de mercado, aclimatando-se as diversas condições (FILGUEIRA, 2008). A produtividade do quiabeiro

encontra-se em torno de 15 a 20 t ha⁻¹, mas pode variar em função do período de colheita. O estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a semeadura (DAS) e o reprodutivo de 65 a 120 DAS, porém seu período de frutificação pode superar 200 dias conforme a época de cultivo (GALATI, 2010).

Os lisímetros com 25L de capacidade foram acoplados a uma mangueira de 1,0 mm na base, de modo a permitir a drenagem e a estimativa do consumo de água por planta (Figura 2D). No preenchimento, utilizou-se uma camada de 1,0 kg de areia grossa mais brita de modo que a base ficasse coberta visando facilitar a drenagem (Figura 2B e 2C).

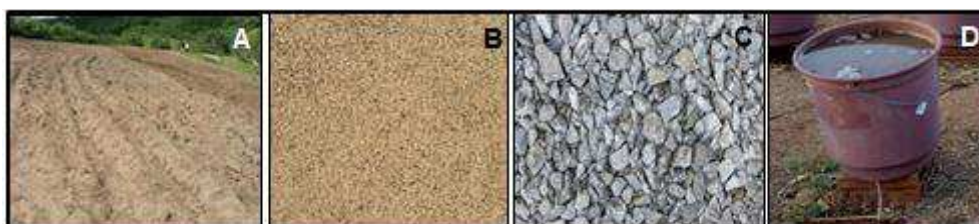


Figura 2. Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.

Seguido a esta camada adicionou-se 22 kg de solo (Figura 2A), não salino e não sódico coletado na zona rural do município de São Domingos – PB, com coleta de amostras na profundidade de 0-0,3 m tabela 1.

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 ⁻¹)cmol _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	
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 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M 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; ^{1,2} referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação fosfatada foi feita em cobertura com 11,37 g de MAP conforme recomendado por Novais et al. (1991). Em cada lisímetro foram semeadas cinco sementes de quiabeiro de forma equidistante e após a estabilização da emergência realizou os desbastes aos 15 dias após o semeio (DAS), mantendo-se a planta mais vigorosa.

As doses de nitrogênio e potássio foram aplicadas com base em recomendação de Novais et al. (1991), usando-se 100 mg de N kg⁻¹ de solo e 150 mg de K₂O kg⁻¹ de solo. Como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia - CH₄N₂O (45 % de N) e para potássio, o cloreto de potássio - KCl (60% de K), iniciando as aplicações aos 40 (DAS), foram feitas em cobertura e em círculos parcelados em três vezes com intervalo de 15 dias durante o ciclo da cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado através de capinas manual nos vasos e capinas na área experimental e o controle de pragas e doenças, foi estabelecido de acordo com a recomendação da cultura (GONÇALVES, 2009).

As águas com distintas salinidades foram preparadas a partir da água do sistema de abastecimento (0,3 dS m⁻¹). Para o preparo das águas de irrigação considerou-se a relação entre CEa e a concentração de sais (10*meq = 1 dS m⁻¹ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹. Para obtenção das águas com condutividade elétrica a partir de (1,0 dS m⁻¹) fez-se a diluição de NaCl conforme tratamento até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro com temperatura ajustada a 25°C. As águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 500L, devidamente protegido, evitando-se a evaporação e a entrada de água de chuva e contaminação com materiais que poderiam vir a comprometer sua qualidade.

O início do estresse salino ocorreu aos 25 (DAS) com eventos de irrigação realizados com turno de rega de um dia, cuja lâmina aplicada foi determinada com base no balanço hídrico, (Figura 3) de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9 para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10% aplicada a cada sete dias, a fim de promover a lixiviação do excesso de sais na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Eq. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Eq.1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd = volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10%.



Figura 3. Lisímetros de drenagem com umidade do solo na condição de saturação.

O efeito dos tratamentos foi analisado aos 40 e 70 dias após a semeadura para as características de crescimento da planta: altura de plantas-AP (cm), diâmetro do caule -DC (mm), e área foliar (AF), o diâmetro do caule obteve-se com um paquímetro digital. As variáveis altura de plantas e área foliar foram determinadas com auxílio de uma régua graduada, sendo que o somatório da área foliar da planta mensurado de acordo com a metodologia estabelecida por Fideles Filho et al. (2010), conforme Eq. 1:

$$Y = \sum 0,7254 (X)^{2,08922} \quad (1)$$

Em que Y = corresponde à área foliar da planta e X o comprimento da nervura principal.

A avaliação de trocas gasosas foi realizada aos 58 DAS com auxílio de equipamento do tipo IRGA Modelo LCpro+ com luz constante de $1200 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foram realizadas a partir da mensuração da taxa de assimilação de CO_2 A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração E ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 Ci e condutância estomática - gs ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$). De posse destes dados, foram quantificadas a eficiência no uso de 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 (EiC) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MACHADO et al., 2005; MELO et al., 2009).

Os resultados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se teste de média para o fator qualitativo e para o fator quantitativo análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica utilizando-se do software estatístico AgroEstat - Sistema para análises Estatísticas (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

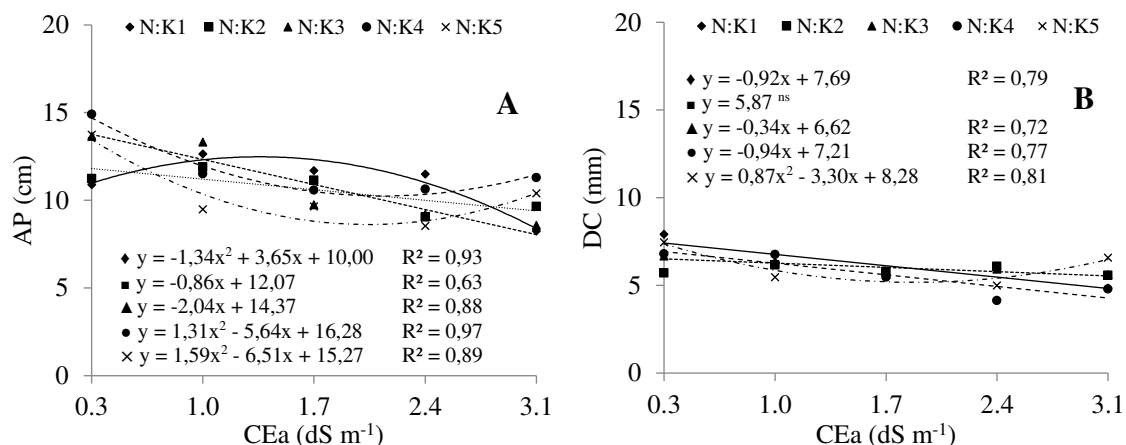
Conforme (Tabela 2) verificou-se interação entre os tratamentos estudados para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) aos 40 dias após o semeio. Já para os 70 dias após a semeadura, nota-se efeito isolado para o fator salinidade no parâmetro diâmetro do caule (DC) e interação para somatório da área foliar da planta (SAFP).

Tabela 2. Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), e área foliar da planta (AF), aos 40 e 70 dias após o semeio de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 irrigados com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações com NK.

Fontes de Variação	Quadrado Médio						GL
	AP	DC	AF	AP	DC	AF	
	40 DAS			70 DAS			
Salinidade	41,82**	8,46**	328749,86**	146,63 ^{ns}	19,53*	1352732,38**	4
Adubação	1,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}	72910,16**	18,23 ^{ns}	6,29 ^{ns}	1779951,14**	4
S x A	7,48**	1,81**	23204,03**	72,24 ^{ns}	13,36 ^{ns}	954426,92**	16
Bloco	0,76 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5223,64 ^{ns}	55,05 ^{ns}	17,41 ^{ns}	68996,04 ^{ns}	24
Erro	0,93	0,17	2722,78	93,60	7,20	114265,77	-
Média Geral	10,58	5,85	357,50	52,13	18,23	2578,45	-
CV (%)	9,11	7,19	14,59	18,55	14,71	13,10	-

*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Pode-se verificar (Figura 4A) que as plantas que receberam a combinação de nitrogênio e potássio 40% N + 40% K₂O apresentou comportamento quadrático com redução no efeito deletério da salinidade quando as plantas foram irrigadas com água de até 1,7 dS m⁻¹ atingiram a altura máxima de 13,48 cm, já para as plantas adubadas com as combinações de 70% N + 60% K₂O e 100% N + 80% K₂O, houve efeito linear com decréscimo de 23,4% e 41,5% respectivamente, na altura das plantas aos 40 dias após o semeio com o incremento da salinidade da água de irrigação de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹. Outrora, as plantas adubadas com 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O percebe-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático para altura de plantas, atingindo seu valor máximo de 14,70 cm e 13,51 cm respectivamente, quando as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, reduzindo a partir desse nível.



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio -N:K₂O: N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 4. Altura de plantas – AP (A) e diâmetro do caule – DC (B) de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 40 dias após a semeadura.

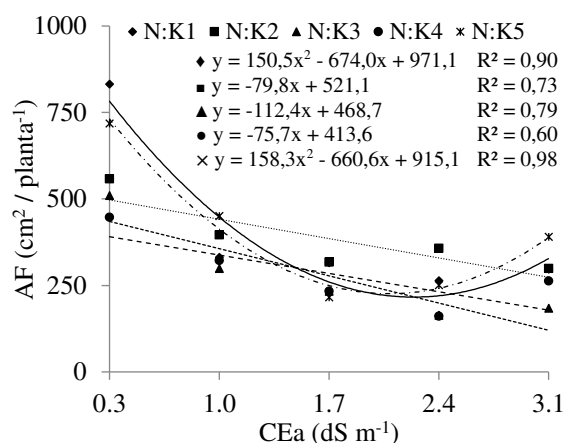
Para a variável diâmetro do caule aos 40 DAS (Figura 4B) os níveis salinos dentro das combinações de adubação, apresentaram comportamento linear decrescente quando as plantas foram adubadas com 40% N + 40% K₂O; 100% N + 80% K₂O e 130% N + 100% K₂O, com reduções de 32,3; 14,5 e 38,0%, respectivamente, para o diâmetro do caule quando o incremento da salinidade da água de irrigação foi de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹. Todavia, as plantas adubadas com 160% N + 120% K₂O atingiu o valor máximo para o diâmetro do caule de 7,36 mm, quando as plantas foram irrigadas com água de abastecimento 0,3 dS m⁻¹ reduzindo a partir de nível da água de irrigação.

De forma geral, o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o crescimento em altura e diâmetro do caule das plantas de quiabeiro, aos 40 dias após o semeio (Figura 4), isso pode estar associado ao aumento da concentração de sais que promove diminuição do potencial osmótico da solução do solo e conseqüentemente a diminuição no conteúdo de água disponível as plantas, afetando a divisão e alongamento celular (MARTINEZ; LAUCHLI, 1994).

O que pode observar nesse trabalho é que o equilíbrio na combinação de adubação permite o uso de água com condutividade de até 1,7 dS m⁻¹ sem que haja redução na altura das plantas. Isso se deve alguns mecanismo de aclimação ao estresse salino em plantas glicófitas, tais como seletividade no processo de absorção pelas células

das raízes, carregamento de K^+ em detrimento do N^+ e, a redução da translocação dos íons de Na^+ e Cl^- para a parte aérea em crescimento (WILLADINO; CAMARA, 2010).

A área foliar de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 sofreu ação deletéria proporcionada pelos sais das águas de irrigação (Figura 5) aos 40 dias após o semeio, com os dados ajustados ao modelo quadrático, para as plantas adubadas com as combinações de 40% N + 40% K_2O e 160% N + 120% K_2O atingiram o valor máximo de 782,40 $cm^2/planta$ e 731,15 $cm^2/planta$ quando as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade 0,3 $dS m^{-1}$ reduzindo a partir desse nível. Todavia, as plantas adubadas com as combinações de 70% N + 60% K_2O , 100% N + 80% K_2O e 130% N + 100% K_2O , houve efeito linear decrescente, com redução de 44,9; 72,3 e 54,2 %, respectivamente, com o incremento na condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 para 3,1 $dS m^{-1}$.



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio - N:K₂O: N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 5. Área foliar – AF de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 40 dias após a semeadura.

Esse comportamento deve as altas concentrações de sais interagirem negativamente na fisiologia das plantas por promover interações iônicas, osmóticas e nutricionais deletérias às plantas, afetando seu crescimento e acúmulo de biomassa das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). De forma semelhante, em estudo realizado por Silva et al. (2001), com a cultura do quiabeiro, verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 $dS m^{-1}$) reduziu significativamente a altura de plantas, o diâmetro do caule, a área foliar e o rendimento das raízes, caule e folhas das plantas do quiabeiro, com reduções mais expressivas a partir da salinidade de 1,5 $dS m^{-1}$.

O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu pequena alteração no diâmetro do caule aos 70 dias após a semeadura (Figura 6), obtendo efeito quadrático atingindo uma média de 18,23 mm de espessura para o diâmetro do caule. Esse fato pode estar associado a tolerância das culturas a salinidade, que pode ser definida como a capacidade da planta em suportar determinados níveis de sais, que pode variar conforme ao material genético, fase de desenvolvimento da cultura, natureza e intensidade do estresse (OLIVEIRA et al., 2015).

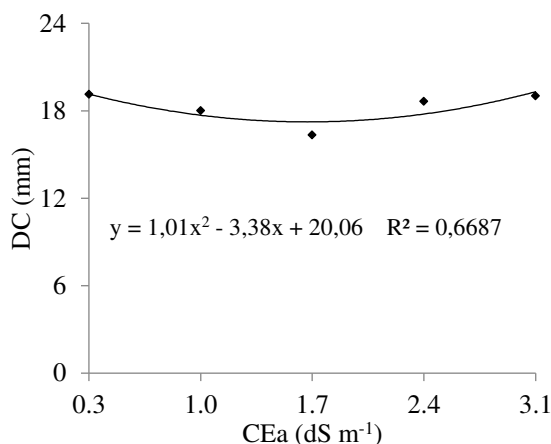
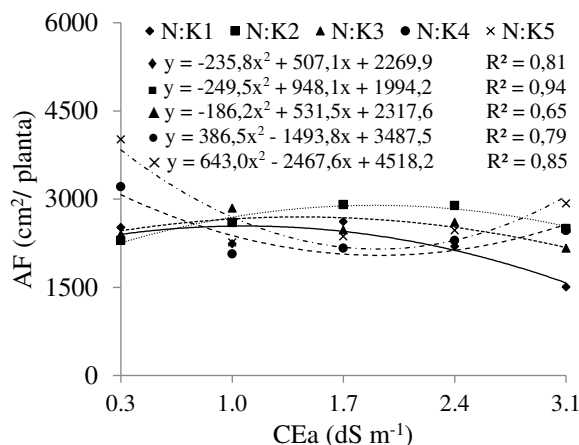


Figura 6. Diâmetro do caule – DC de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função dos níveis de salinidade da água – CEa aos 70 dias após a semeadura.

Os níveis da salinidade da água de irrigação dentro das combinações de adubações, verifica-se efeito quadrático com acréscimo para a área foliar das plantas adubadas com as combinações de 40% N + 40% K₂O; 70% N + 60% K₂O e 100% N + 80% K₂O com melhor desempenho de 2542,3; 2894,7 e 2704,8 cm²/planta quando as plantas foram irrigadas com águas até o nível de 1,7 dS m⁻¹. Já para as plantas adubadas com as combinações de 130% N + 100% K₂O e 160% N + 120% K₂O houve decréscimo na área foliar das plantas, atingindo o ponto máximo de 3074,14 cm².planta⁻¹ e 3835,79 cm².planta⁻¹, respectivamente, quando as plantas receberam águas de 0,3 dS m⁻¹ reduzindo com o incremento na salinidade da água de irrigação.

Esse comportamento se deve a junção dos sais presentes na água de irrigação e o aumento nas doses de fertilizantes, que em doses excessivas acentuou o excesso de sais ocasionando distúrbios fisiológicos nas plantas, notadamente o nutricional por promover a redução na absorção de outros nutrientes, ocorrendo um fenômeno conhecido com antagonismo. De acordo com Munns (2002) a redução da AF das plantas em

condições de estresse salino, se deve ao fechamento estomático, com o intuito de reduzir a perda de água por transpiração, acarretando perdas na taxa fotossintética.



Combinações de adubação com nitrogênio-potássio - N:K₂O: N₁:K₁= 40%N + 40%K₂O; N₂:K₂= 70%N + 60%K₂O; N₃:K₃= 100%N + 80%K₂O; N₄:K₄= 130%N + 100%K₂O; N₅:K₅= 160%N + 120%K₂O.

Figura 7. Área foliar da planta – AF de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e combinações de adubações com NK, aos 70 dias após a semeadura.

Folegatti e Blanco (2000), Silva et al. (2001), Farias et al. (2003), Medeiros et al. (2012), Batista et al. (2012) e Oliveira et al. (2013) observaram que a elevação do teor salino das águas provoca declínios da área foliar de plantas de berinjela, pepino, quiabo, melão ‘Gold mine’, melão pele de sapo, alface e moringa na fase de muda. Segundo Santos et al. (2012), o efeito osmótico ocasionado pela solução salina reduz o potencial hídrico da folha e interfere na absorção de água pelas raízes das plantas, logo, a turgescência foliar é afetada, com isso, a diminuição no tamanho das folhas, redução da superfície de captação e a área exposta para captar radiação e conseqüentemente do processo fotossintético o que pode ser observado no presente estudo.

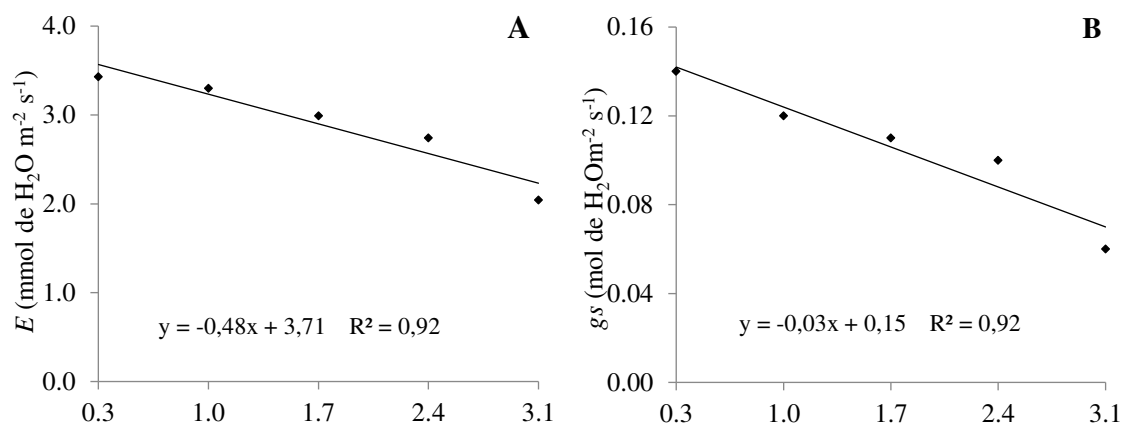
De acordo com a análise de variância (Tabela 3), para as variáveis analisadas houve efeito significativo apenas para salinidade (S) nas características: transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa de assimilação de CO₂ (A) e eficiência intrínseca da carboxilação (E_iC_i).

Tabela 3. Resumo da análise de variância aos 58 dias após a semeadura para variáveis de trocas gasosas: transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO_2 (A), eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$), eficiência do uso da água (EUA) de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 irrigados com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações com NK aos 58 dias após a semeadura.

Fontes de Variação	Quadrado Médio						GL
	Ci	E	gs	A	$EiCi$	EUA	
Salinidade	6184,00 ^{ns}	4,51*	0,012**	131,17**	0,008**	959,05 ^{ns}	4
Adubação	2129,70 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,001 ^{ns}	4,97 ^{ns}	0,000 ^{ns}	808,21 ^{ns}	4
S x A	4074,90 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,002 ^{ns}	12,69 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1499,66 ^{ns}	16
Bloco	23621,05**	21,26**	0,007 ^{ns}	168,84**	0,022**	2147,49 ^{ns}	24
Erro	3188,94	1,35	0,002	8,45	0,022	1489,96	-
Média Geral	222,86	2,90	0,11	7,94	0,04	76,30	-
CV (%)	25,33	40,04	45,21	36,62	93,03	50,58	-

*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente as trocas gasosas (Figura 8), com efeito linear decrescente e redução de 37,5; 50,0; 62,8; 78,6% para a E , gs , A e $EiCi$ respectivamente, com o incremento da salinidade da água de irrigação de 0,3 para 3,1 dS m^{-1} , correspondente a um declínio de 0,48 E $mmol$ de H_2O m^{-2} s^{-1} ; 0,0257 gs mol de H_2O m^{-2} s^{-1} ; 2,5943 A μmol m^{-2} s^{-1} e 0,0211 $EiCi$ respectivamente, para cada aumento unitário na salinidade da irrigação. Dessa forma, a redução na área foliar aos 70 dias é decorrência da redução na transpiração ocasionada pelo estresse salino, a fim de, evitar a perda de água excessiva as plantas fecham seus estômatos, que reduz a entrada de CO_2 consequentemente reduz a atividade fotossintética, limitando o crescimento e desenvolvimento das plantas.



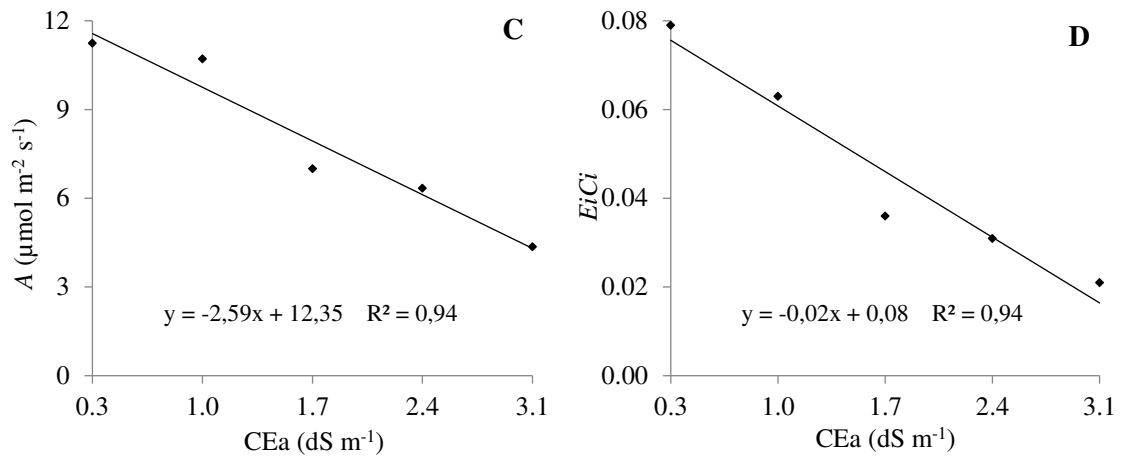


Figura 8: Transpiração – E (A); condutância estomática – g_s (B), taxa de assimilação de CO_2 (C) e eficiência instantânea da carboxilação E_iC_i (D) do quiabeiro cv. Santa Cruz 47 em função da salinidade da água – CEa aos 58 dias após a o semeio.

Dessa forma, nota-se que o fechamento estomático foi um dos principais mecanismos de defesa em plantas expostas ao estresse salino, o que pode ser comprovado pelo baixo valor encontrado para g_s $0,06 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas irrigadas com a maior condutividade elétrica $3,1 \text{ dS m}^{-1}$, esse processo limitou a transpiração $2,4 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, diminuindo a assimilação de CO_2 $4,36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Campos et al. 2014; Freire et al. 2014).

CONCLUSÕES

A adubação com 40% N + 40% K₂ possibilita o uso de água com salinidade de 1,7 dS m⁻¹ com menor redução no crescimento em altura de plantas e diâmetro de caule, aos 40 dias após o semeio.

As combinações de adubação com 70% N + 60% K₂O; 100% N + 80% K₂O; promoveu as plantas de quiabeiro um maior crescimento em área foliar aos 40 e 70 dias após a semeadura.

A salinidade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹ diminui a transpiração, a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO₂ e a eficiência instantânea da carboxilação do quiabeiro aos 58 dias após o semeio, independentemente das combinações com N e K.

LITERATURA CITADA

- Andrade Júnior, W. P.; Pereira, F. H. F.; Fernandes, O. B.; Queiroga, R. C. F.; Queiroga, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v. 24, p.110-119, 2011.
- Barbosa, J. C.; Maldonado Júnior, W. Experimentação agrônômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaio agrônômicos. Jaboticabal: **gráfica Multipress Ltda**, p.396, 2015.
- Batista, L. R. L.; Gonzaga, G. B. M.; Albuquerque, J. J.; Farias, L. S. R.; Araújo, T. V. L.; Nascimento Júnior, N. A. Desenvolvimento da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade. **Anais**. In. O congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI). Palmas- TO. 2012.
- Campos, H.; Trejo, C.; Peña-Valdivia, C. B.; García-Nava, R.; Condemartínez, F. V.; Cruz-Ortega, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v-98, p.56-64, 2014.
- Ezeakunne, C. O. Large scale fruit and vegetable production in Nigeria. **Short Communication**. Departamento for Agronomy, Ahmadu Bello University, p.8,1984.
- Faquin, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, p.186, 2005.
- Farias, C. H. A.; Sobrinho, J. E.; Medeiros, J. F.; Costa, M. C.; Nascimento, I. B.; Silva, M. C. C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.445-450,2003.
- Ferreira, L. E.; Medeiros, J. F.; Silva, N. K.C.; Linhares, P. S. F.; Alves, R. C. Salinidade e seu efeito sobre a produção de grãos do quiabeiro santa Cruz 47. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, p.108-113,2012.
- Fideles Filho, J., Beltrão, N. E. M., Pereira, A. S. (2010). Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, 2010.
- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agroecologia Moderna na Produção e comercialização de Hortaliças**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, p.421, 2008.
- Folegatti, M. V.; Blanco, F. F. Desenvolvimento vegetativo do pepino enxertado irrigado com água salina. **Scientia Agrícola**, v.57, p.452-457,2000.

- Freire, J. L. De O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P.D.; Lima Neto, A. J. De. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p.82-91, 2014.
- Galati, V. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’**, p.26, Dissertação (Mestrado) – Jaboticabal: UNESP. 2010.
- Gonçalves, G. C. et al. Estudo da viabilidade técnica da produção de quiabo (*Albemoschus esculentus* L.) e jiló (*Solanum gilo*) em Planaltina-GO. Emater- GO, circular técnica, 2009.
- Guilherme, S. R.; Wobeto, C.; Oliveira, D. C. S.; Zanuzo, M. R.; Zambiazzi, E. V. Análise física do quiabo cultivado na região de Sionop/MT em diferentes áreas de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTUR, 51. **ANAIS...VIÇOSA-ABH**. 5296-5303, Julho 2011.
- Leonardo, M.; Broetto, F.; Villas-Bôas, R. L.; Marchese, J. A.; Tonin, F. B.; Regina, M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. **Bragantia**, v.67, p.883-889,2008.
- Machado, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1161- 1170, 2005.
- Martinez, V.; Lauchli, A. Salt-induced of phosphate-uptake in plantas of cotton.**New Phytol**, v.126, p.609-614, 1994.
- Melo, A. S. et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 73-79, 2010
- Medeiros, D. C.; Medeiros, J. F.; Barbosa, M. A. G.; Queiroga, R. C. F.; Oliveira, F. A.; Freitas, W. E. Crescimento do melão Pele de Sapo em níveis de salinidade e estágio de desenvolvimento da planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, p.647-654, 2012.
- Medeiros, P. R. F.; Duarte, S. N.; Dias, C. T. S.; Silva, M. F. D. Tolerância do pepino a salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v, 15, p.301-311, 2010.
- Nascimento, I. B. Do.; Ferreira, L.; E.; Medeiros, J. F.; Aroucha, E. M. M.; Sousa, C. M; G. de.; Silva, N. K. C.; Izidio, N. S de C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido

- a diferentes lâminas de água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 9, p.88-93, 2013.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S.; eds. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, p.189-254, 1991.
- Oliveira, R. D. L.; Silva, M. B.; Aguiar, N. D. C.; Bérghamo, F. L. K.; Costa, A. S. V.; Prezotti, L. Nematofauna associada a cultura do quiabo na região leste de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.88-93. 2007.
- Rhoads, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de Greyi, H. R.; Sousa, J. R. de.; Queiroz, J. E. p.117 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48), 1992.
- Santos, D. B.; Ferreira, P. A.; Oliveira, F. G.; Batista, R. O.; Costa, A. C.; Cano, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **IDESIA**, v.30, 2012.
- Silva, J. S. **Evapotranspiração e produção de melancia sob diferentes níveis de nitrogênio e da salinidade da água de irrigação**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, 2010.
- Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N.; Melo, R. F. Jorge, C. A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, p.235-248, 2007.
- Sousa, G. G. et al. Estresse Salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.8, p.359-367, 2014.
- Souza, Á. H. C.; Rezende, R.; Lorenzoni, M.Z.; Seron, C. C.; Hachmann, T. L.; Lozano, C. S. Response of eggplant crop fertigated with doses of nitrogen and potassium. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.21-26, 2017.
- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5.ed. 2013. 918p.
- Willadino, L.; Camara, R. T. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, p. 3, 2010.

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FRUTOS DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NK

RESUMO:

Em virtude da elevada concentração de sais nas águas utilizadas para irrigação na região semiárida brasileira, objetivou-se avaliar a produção e caracterização física e química de frutos de quiabeiro cultivados com águas salinas e adubação NK. O experimento foi cultivado em vasos sob condições de campo, na área experimental da Universidade Federal de Campina Grande, utilizou-se delineamento de blocos casualizados, arrançados em esquema fatorial de 5 x 5, cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco combinações de adubações nitrogenada: potássica (N:K₁ = 40% N + 40% K₂O; N:K₂ = 70% N + 60% K₂O; N:K₃ = 100% N + 80% K₂O; N:K₄ = 130% N + 100% K₂O; N:K₅ = 160% N + 120% K₂O), com três repetições. Os frutos foram avaliados quanto número de frutos por planta, diâmetro, comprimento, peso, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, os teores de ácido ascórbico. Os teores de sólidos solúveis, a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, os teores de ácido ascórbico e a quantidade média de frutos por planta diminuem com o incremento da salinidade, independente da combinação de NK. A salinidade da água de 3,1 dS m⁻¹ e a combinação 160% N + 120% K₂O resulta em maior acidez total titulável de frutos de quiabeiro. O potencial hidrogeniônico dos frutos de quiabeiro não é influenciado pelos níveis salinos da água de irrigação e combinações de adubação NK.

Palavra-chave: *Abelmoschus esculentus* L., pós-colheita, tolerância

ABSTRACT:

Due to the high concentration of salts in the waters used for irrigation in the Brazilian Semiarid region, the objective was to evaluate the production and characterization of fruits of okabeiro cultivated with saline waters and NK fertilization by means of chemical characteristics and physical. A randomized block design was used, arranged in a 5 x 5 factorial scheme, five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS M⁻¹) and five combinations of nitrogen fertilization: potassic (N:K1 = 40% N + 40% K₂O; N:K2 = 70% N + 60% K₂O; N:K3 = 100% N + 80% K₂O; N:K4 = 130% N + 100% K₂O; N:K5 = 160% N + 120% K₂O), with three replications. The soluble solids, the relationship between soluble solids and titratable acidity, the ascorbic acid contents and the average quantity of fruits per plant decrease with the increment of salinity, independently of the combination of NK. The water salinity of 3.1 dS m⁻¹ and the combination 160% N + 120% K₂O results in higher titratable acidity of the fruits of Okabeiro. The hydrogenionic potential of the fruits of Okabeiro is not influenced by saline levels of irrigation water and combinations of NK fertilization.

Key words: *Abelmoschus esculentus* L., quality, tolerance

INTRODUÇÃO

A expansão da exploração do quiabeiro em todo o território nacional tem sido expressiva, sendo na grande maioria cultivada por pequenos e médios produtores responsáveis por quase toda a produção (CAVALCANTE et al., 2010; PAES et al., 2010). O Nordeste Brasileiro possui condições edafoclimáticas excelentes para o cultivo do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.), devido à sua rusticidade temperaturas elevadas tendem antecipar o ciclo, reduzindo custo de condução, e conferindo resistência a pragas e doenças (Castro, 2005). A cultura do quiabeiro está em ascensão no Estado da Paraíba, em especial na mesorregião de Catolé do Rocha, sendo a sétima hortaliça mais consumida (SIC, 2013).

Entretanto, a irregularidade das chuvas na região Nordeste associadas ao baixo índice pluviométrico durante boa parte do ano promove o acúmulo de sais na água e/ou no solo. Elevados teores de sais reduz o potencial osmótico e dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas que apresentam murchamento, folhas com coloração verde-azulado e com menor área foliar (NOBRE et al., 2013; AYERS; Westot, 1999). Para Maas (1984), o quiabeiro é classificado como sensível a salinidade e o nível limiar inferior a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ no extrato de saturação. Todavia, Ilkram-UI-Haq et al. (2010) atestam que a tolerância do quiabeiro a salinidade de NaCl depende da variação genética existente entre genótipos.

Para Kafkafi (1984) plantas que exibem maiores valores relacionados a concentrações de K^+/Na^+ ; $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ e $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ são consideradas mais tolerantes ao estresse salino do que aquelas que apresentam valores mais baixos nas folhas. Andrade Junior et al. (2011) relataram que o incremento de fertilizantes nitrogenados aplicados em uma cultura sensível a salinidade poderá elevar essas ligações nas folhas e, portanto, promover um aumento na tolerância da cultura a salinidade. Em condições salinas, maiores concentrações de K^+ em relação ao Na^+ também podem reduzir o efeito negativo do acúmulo de sódio, que quando em concentrações elevadas nos tecidos foliares pode afetar processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K, como ativação enzimática, regulação osmótica, abertura estomática, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas (APSE; BLUMWALD, 2017).

Aspectos como a qualidade pós-colheita deve ser ressaltada, tendo em vista a perecibilidade dos frutos, ocasionada pelo aumento do metabolismo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com isso, o período de conservação é curto

principalmente sob condições de estresse, que aceleram a perda de água, depreciando o valor comercial dos frutos para o consumo *in natura* (FIGER et al., 2008). Diante da relevância da cultura para economia e dieta dos brasileiros e a sensibilidade que essa espécie apresenta a salinidade, objetivou-se com este estudo avaliar a produção e caracterização de frutos de quiabeiro cultivado com águas salinas e adubação NK.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando-se vasos com capacidade de 25L, adaptados como lisímetros de drenagem, instalados na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Campus Pombal - PB Brasil, localizada a 6°46'13" S e 37°48'06" W, a uma altitude de 184 m. O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente, com precipitação anual de 750 mm e chuvas concentradas nos meses de dezembro a abril. Realizou-se o monitoramento da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental que compreendeu de Novembro/2018 a Fevereiro/2019 (Figura 1).

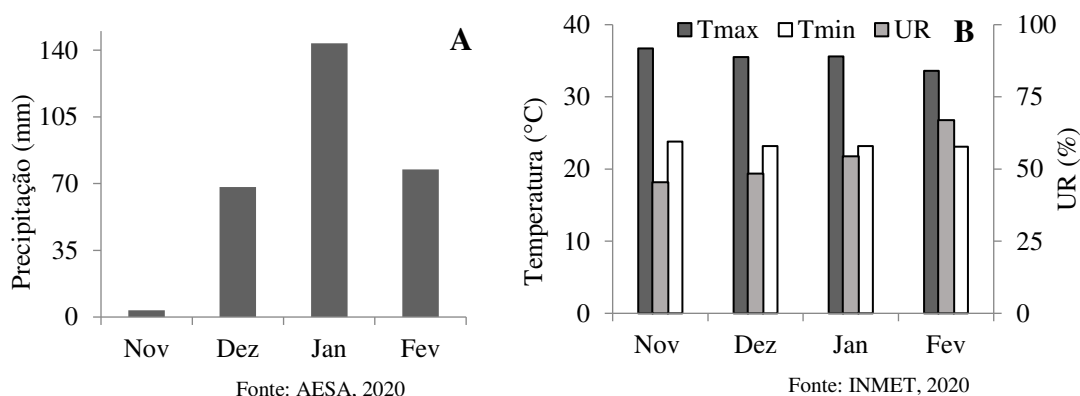


Figura 1: Médias mensais de precipitação (A), temperatura máxima e mínima e umidade relativa (B) referente aos meses de novembro / 2018 a fevereiro /2019.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5 com três repetições, composto pelos fatores: níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e as combinações de adubação com nitrogênio- potássio (N₁:K₁ = 40% N + 40% K₂O; N₂:K₂ = 70% N + 60% K₂O; N₃:K₃ = 100% N + 80% K₂O; N₄:K₄ = 130% N + 100% K₂O; N₅:K₅ = 160% N + 120% K₂O).

Unindo-se os fatores, obteve-se 25 tratamentos repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 75 unidades experimentais.

O cultivar comercial de quiabeiro utilizado foi o ‘Santa Cruz 47’, com características de vigor e internódios curtos; frutos de coloração verde clara, cilíndricos, ponta ligeiramente recurvada e teor de fibra menor em relação aos outros cultivares. A produção precoce proporciona produtividade elevada, resistência à murcha-verticilar e a podridão-úmida dos frutos, características que tornam essa cultivar padrão de mercado, aclimatando-se as diversas condições (FILGUEIRA, 2008). A produtividade do quiabeiro encontra-se em torno de 15 a 20 t ha⁻¹, mas pode variar em função do período de colheita. O estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a semeadura (DAS) e o reprodutivo de 65 a 120 dias DAS, porém seu período de frutificação pode superar 200 dias conforme a época de cultivo (GALATI, 2010).

Os lisímetros com 25L de capacidade foram acoplados a uma mangueira de 1,0 mm na base, de modo a permitir a drenagem e a estimativa do consumo de água por planta (Figura 2D). No preenchimento, utilizou-se uma camada de 1,0 kg de areia grossa mais brita de modo que a base ficasse coberta visando facilitar a drenagem (Figura 2B e 2C).

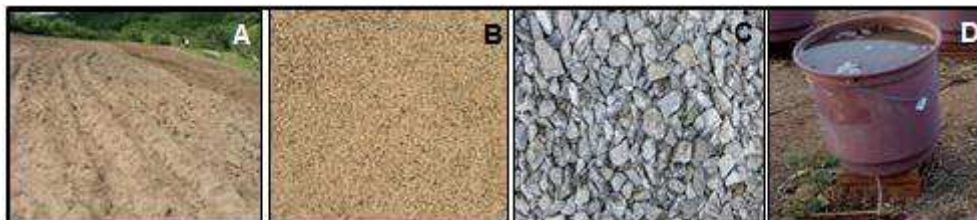


Figura 2. Preparo dos vasos: 22 kg de solo (A), areia grossa (B) + brita (C) totalizando 1 kg dreno (D) de 1 mm na base.

Seguido a esta camada adicionou-se 22 kg de solo (Figura 2A), não salino e não sódico coletado na zona rural do município de São Domingos – PB, com coleta de amostras na profundidade de 0-0,3 m tabela 1.

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 ⁻¹)cmol _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
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; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 M pH 7,0; $\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M 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; ^{1,2} referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação fosfatada foi feita em cobertura com 11,37g de MAP conforme recomendado por Novais et al. (1991). Em cada lisímetro foram semeadas cinco sementes de quiabeiro de forma equidistante e após a estabilização da emergência realizou os desbastes aos 15 dias após o semeio (DAS), mantendo-se a planta mais vigorosa.

As doses de nitrogênio e potássio foram aplicadas com base em recomendação de Novais et al. (1991), usando-se 100 mg de N kg^{-1} de solo e 150 mg de K_2O kg^{-1} de solo. Como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia - $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (45 % de N) e para potássio, o cloreto de potássio - KCl (60% de K), iniciando as aplicações aos 40 (DAS), foram feitas em cobertura e em círculos parcelados em três vezes com intervalo de 15 dias durante o ciclo da cultura. O controle de plantas invasoras foi realizado através de capinas manual nos vasos e capinas na área experimental e o controle de pragas e doenças, foi estabelecido de acordo com a recomendação da cultura (GONÇALVES, 2009).

As águas com distintas salinidades foram preparadas a partir da água do sistema de abastecimento (0,3 dS m^{-1}). Para o preparo das águas de irrigação considerou-se a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 \times \text{meq} = 1 \text{ dS } \text{m}^{-1}$ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m^{-1} . Para obtenção das águas com condutividade elétrica a partir de (1,0 dS m^{-1}) fez-se a diluição de NaCl conforme tratamento até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro com temperatura ajustada a 25°C. As águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 500L, devidamente protegido, evitando-se a evaporação e a entrada de água de chuva e contaminação com materiais que poderiam vir a comprometer sua qualidade.

O início do estresse salino ocorreu aos 25 (DAS) com eventos de irrigação realizados com turno de rega de um dia, cuja lâmina aplicada foi determinada com base no balanço hídrico, (Figura 3) de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9 para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10% aplicada a cada sete dias, a fim de promover a lixiviação do excesso de sais na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Eq. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Eq.1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd = volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10%.



Figura 3. Lisímetros de drenagem com umidade do solo na condição de saturação.

O período de colheita iniciou em dezembro/2018 estendeu-se até o final de janeiro/2019, os frutos foram colhidos quando atingiram a maturidade fisiológica completa, ponto ideal de colheita, para o consumo “in natura” (Suojala, 2000). Essa maturidade hortícola, em quiabo, ocorre de 4 a 5 dias após a antese quando os frutos estão com aproximadamente 25% do seu tamanho máximo (Mota et al. 2000), ou seja, com 2 cm de diâmetro, entre 5 a 7 cm de comprimento, dependendo do cultivar (DUZYAMAN, 1997), e quando o teor de fibra bruta for inferior a 6,5% (MULLER, 1982), com isso a colheita foi realizada diariamente.

Após a colheita contabilizou-se os frutos e avaliando-os quanto ao diâmetro, com o auxílio de um paquímetro digital universal aço carbono 0,05MM/1/128, o comprimento com uma régua plástica graduada de até 30 cm, a massa fresca dos frutos foi quantificada individualmente em balança semianalítica de 0,01g – SSR 600 – Bel. A obtenção do extrato celular foi a partir da razão 1:1 (m:v) com o auxílio de um liquidificador – MONDIAL *maxis filter* 800 W, em seguida o extrato foi transferido para recipientes plásticos identificados com tampa.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica e Análises de Alimentos da UFCG, Campus Pombal. Para análise de pH foi utilizado um potenciômetro digital de bancada (Digimed, modelo DM-22) com eletrodo de membrana de vidro e resolução de 0,01. Os sólidos solúveis foram determinados em refratômetro digital (ITREFD65) com compensação automática de temperatura e resolução de 0,2, como descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A acidez titulável foi determinada

conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), com os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico, equivalente a quantidade de NaOH 0,1N gasto na titulação. O teor de ácido ascórbico foi estimado de 1,0 g do extrator celular adicionado a 49 mL de ácido oxálico 0,5% e titulado com solução de Tillmans até atingir coloração rosa conforme método (365/IV) descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os resultados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se teste de média para combinações de adubação e para os níveis da salinidade da água de irrigação análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica utilizando-se do software estatístico AgroEstat - Sistema para análises Estatísticas (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme (Tabela 2) ($p < 0,01$) houve efeito significativo dos níveis salinos da água de irrigação sobre a quantidade média de frutos por planta (QMFP), peso médio de frutos por planta (PMFP) nos frutos de quiabeiro cv Santa Cruz 47 produzidos com águas salinas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente quantidade média de frutos por planta (QMFP), peso médio de frutos por planta (PMFP), comprimento médio de frutos por planta (CMFP), diâmetro médio de frutos por planta (DMFP) de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 produzidos com águas salinas e combinações de adubação NK.

Fontes de Variação	Quadrado Médio				
	NFP	PMFP, g	CMFP, cm	DMFP, mm	GL
Salinidade	40,086**	1239,53**	13,052 ^{ns}	22,39 ^{ns}	4
Adubação	13,153 ^{ns}	57,910 ^{ns}	14,89 ^{ns}	18,04 ^{ns}	4
S x A	12,111 ^{ns}	198,02 ^{ns}	12,405 ^{ns}	18,048 ^{ns}	16
Erro	8,88	178,01	12,926	9,38	24
Média Geral	6,82	24,48	9,34	13,33	-
CV (%)	43,65	54,5	38,48	22,96	-

*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Os parâmetros relacionados a produção não foram afetados pelas combinações de adubação (Tabela 2). A quantidade média de frutos por planta QMFP e o peso médio de frutos por planta PMFP ajustaram-se ao modelo linear (Figura 4), as plantas irrigadas com água de 3,1 dS m⁻¹ obtiveram uma média de 4,26 frutos por planta, ou seja, uma redução de 38,7% quando comparadas com as plantas irrigadas com água

de menor condutividade elétrica $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, a cada incremento unitário na CEa têm-se uma redução de 1,173 fruto por planta. O decréscimo no número de frutos por planta deve-se ao aumento da salinidade na zona radicular em decorrência da alteração no potencial osmótico que reduz o consumo de água e nutrientes pelas plantas, diminuindo o índice de pegamento dos frutos. Resultados semelhantes foram encontrados por Chartzoulakis; Lopaupassaki (1997) e Marques et al. (2012) para a cultura da berinjela, além de outros autores para outras hortaliças como tomate (MEDEIROS et al., 2012), pimentão (LEONARDO et al., 2008) e meloeiro (MELO et al., 2011).

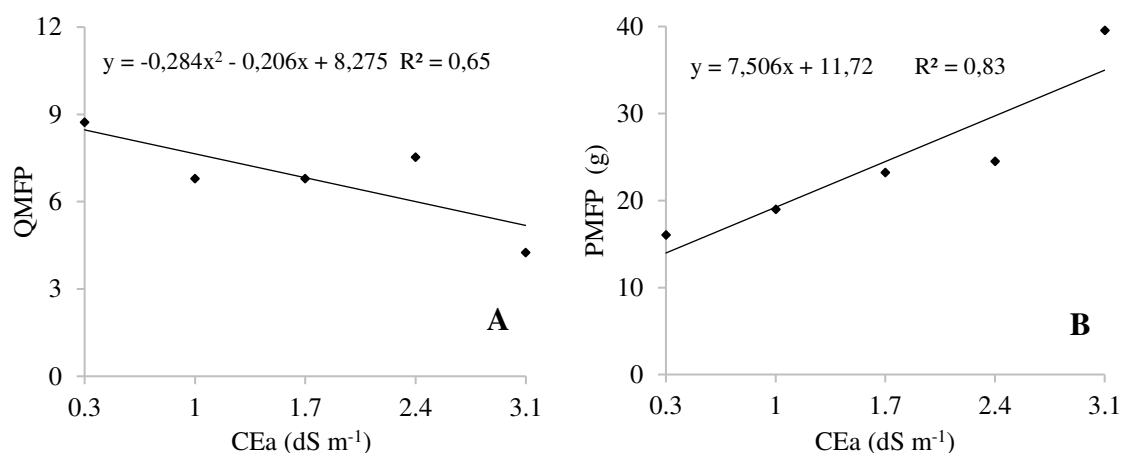


Figura 4. Número de frutos por planta - QMFP (E) e peso médio de frutos por planta - PMFP (F) de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 produzidos com águas de diferentes salinidades e combinações de adubações NK.

O peso médio dos frutos (Figura 4B) aumentou em função do incremento dos níveis de condutividade elétrica da água, enquanto as plantas irrigadas com água de menor condutividade elétrica $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram em média $16,07 \text{ g}$, no entanto, as plantas que foram cultivadas com água de $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ produziram em média $39,58 \text{ g}$ isso representa um acréscimo de $150,4\%$. O peso dos frutos por planta obtido nesse estudo, foi superior à média obtida por Santos et al. (2011), que foi de $15,09 \text{ g}$. Possivelmente os sais presentes no solo foram lixiviados em virtude da ocorrência de chuvas nesse período (Figura 1A), dessa forma a planta não se encontrava mais sobre estresse severo, o que justifica os valores encontrados. De acordo com Medeiros et al. (2010), em ambientes salinos a maneira mais eficiente de controlar o acúmulo de sais no solo é pela lixiviação que pode ser proporcionada pela chuva ou pela aplicação de lâmina de irrigação superior a requerida pela cultura a fim de que parte dos sais sejam lixiviados proporcionando a maximização das culturas.

Os resultados alcançados neste trabalho evidenciam a importância de uma combinação adequada da adubação nitrogenada e potássica na cultura do quiabeiro, sobretudo quando o uso de água salina para irrigação é inevitável. De modo que, a qualidade dos frutos apresenta valores próximos aos encontrados por Mota et al. (2005) avaliando a qualidade físico-química de cultivares de quiabeiro, demonstrando que os frutos obtidos no presente trabalho se apresentam com qualidade comercial.

Conforme análise de variância (Tabela 1) ($p < 0,01$) verifica-se efeito significativo dos níveis salinos da água de irrigação dentro das combinações de adubação sobre sólido solúvel (SS), acidez titulável, razão SS/AT, ácido ascórbico (AA), não houve efeito significativo dos fatores estudados para o pH dos frutos de quiabeiro.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente ao pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), razão SS/AT, ácido ascórbico (AA), de frutos de quiabeiro cv. Sta Cruz 47 produzidos com águas salinas e combinações de adubação NK.

Fontes de Variação	Quadrado Médio					
	pH	SS %	AT %	SS/AT %	AA mg/100mL	GL
Salinidade	0,01813 ^{ns}	4,29653 ^{**}	0,099 ^{**}	1942,3 ^{**}	98,17 ^{**}	4
Adubação	0,01187 ^{ns}	3,2252 ^{**}	0,066 ^{**}	1339,3 ^{**}	13,51 ^{ns}	4
S x A	0,0407 ^{ns}	1,9863 ^{**}	0,028 ^{**}	1043,3 ^{**}	13,52 ^{**}	16
Erro	0,033	0,119	0,002	239,85	6,01	24
Média Geral	6,06	6,93	0,32	28,54	2,45	-
CV (%)	3,01	4,97	15,94	53,73	30,48	-

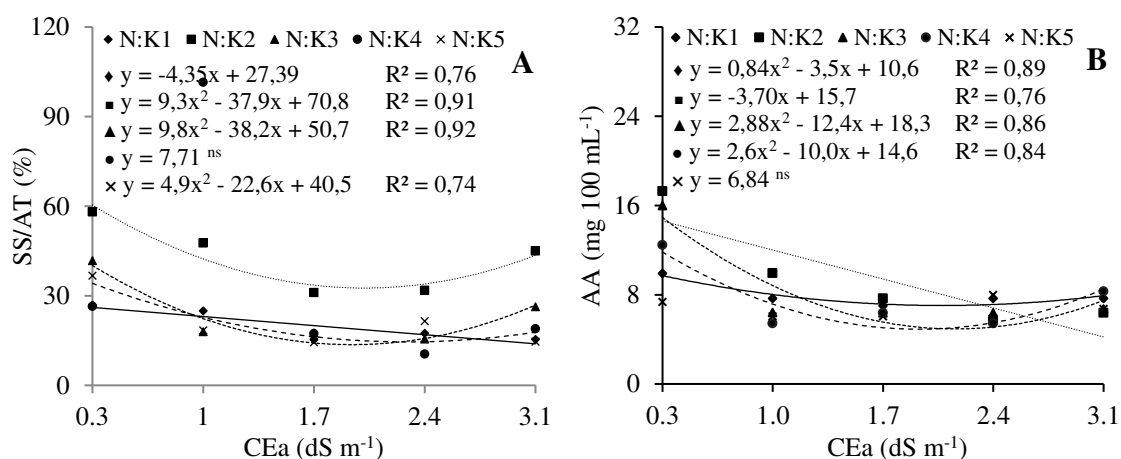
*, ** = significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; ns=não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Na (Figura 4A), verificou-se que o fornecimento da combinação de adubação 70% N + 60% K₂O e 100% N + 80% K₂O reduziram o teor de sólido solúvel (SS) causados pela incremento da salinidade da água de irrigação, no qual os dados apresentaram melhor ajuste a equação quadrática com melhor desempenho 8,59% e 8,52% nos frutos cujas plantas receberam água de baixa salinidade 0,3 dS m⁻¹, sendo os menores teores de sólidos solúveis 5,69% e 6,50% obtidos quando as plantas foram irrigadas com águas de 2,1 e 2,2 dS m⁻¹. De acordo com Nascimento et al. (2013) com qualidade de frutos de quiabeiro em estresse salino, salientaram valores similares aos encontrados nesse trabalho para SS 5,13% a 5,37% com condutividades elétrica da água de 0,56 e 2,5 dS m⁻¹ respectivamente.

A acidez titulável (AT) assim como qualquer constituinte químico dos alimentos sofrem variações devido as particularidade presentes no manejo neste sentido verifica-se na (Figura 4B), notou-se que as combinações de adubações impediram a

redução causada pela salinidade da água da irrigação, com efeito linear crescente para as combinações 40%N + 40% K₂O; 130%N + 100% K₂O e 160%N + 120% K₂O com acréscimo de 81,4%; 82,7% e 98,1% com o incremento dos níveis salinos de 0,3 para 3,1 dS m⁻¹. Todavia as plantas que foram tratadas com a combinação de 100%N + 80%K₂O houve efeito quadrático com acréscimo na acidez de 0,43% até o nível de 2,4 dS m⁻¹, reduzindo a partir desta condutividade elétrica. Esses resultados são superiores aos encontrados por Moraes Neta et al. (2016) em estudos com quiabeiro. O nitrogênio influencia na produção de massa vegetal, e de forma indireta na produção de fotoassimilados, esses por sua vez estão dispersos no suco celular, justificando esse aumento em função da dose crescente de N.

As plantas cultivadas com 70% N + 60% K₂O; 100%N + 80% K₂O e 160%N + 120% K₂O, houve efeito quadrático com decréscimo na razão SS/AT em frutos de quiabeiro, com o incremento da salinidade da água de irrigação de 0,3 até 1,7 dS m⁻¹ (Figura 5 C), cujo melhor desempenho 60,3; 41,0 e 34,1% respectivamente, ocorreu quando as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹. Já para as plantas adubadas com a combinação de 40%N + 40% K₂O verifica-se efeito linear, com redução na razão SS/AT de 44,2% com o aumento na CEa até 3,1 dS m⁻¹. Essa razão SS/AT é mais representativa para o sabor do fruto, quanto maior essa relação mais agradável o sabor do fruto, pois há um equilíbrio entre o doce e o ácido (Krolow et al. 2007). A aplicação de sais na água de irrigação ou a utilização de água de salinidade moderada como meio para obtenção de frutos de alta qualidade comercial pode elevar SS e AT para valores acima de 8 °Brix e 1%, respectivamente, valores bem acima daqueles encontrados geralmente em cultivos comerciais Sakamoto et al. (1999); Pascale et al. (2001), valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.



Combinações de adubação com nitrogênio e potássio – N:K₂O; N₁:K₁ = 40%N + 40% K₂O; N₂:K₂ = 70%N + 60% K₂O; N₃:K₃ = 100%N + 80% K₂O; N₄:K₄ = 130%N + 100% K₂O; N₅:K₅ = 160%N + 120% K₂O.

Figura 5. Razão entre sólido solúvel e acidez titulável (C) e vitamina C (D) em frutos de quiabeiro cv. Santa Cruz 47 produzidos com águas de diferentes salinidades e combinações de adubação NK.

Analisando os teores de vitamina C constata-se que os frutos cujas plantas foram tratadas com 40% N + 40% K₂O; 100% N + 80% K₂O e 130% N + 100% K₂O percebe-se efeito quadrático, com redução nos teores de vitamina C quando as plantas foram irrigadas com água de até 1,7 dS m⁻¹ (Figura 5 D), com melhor teor de vitamina C 9,7; 14,9 e 11,8 mg/100mL quando as plantas receberam água de baixa salinidade 0,3 dS m⁻¹. Todavia, as plantas adubadas com a combinação de 70% N + 60% K₂O, os dados se ajustaram ao comportamento linear, com reduções de 61,1% no teor de vitamina C. Estudos realizados por Lee; Kader (2000) relataram que frutos de quiabo embalados com PVC apresentaram em média 6,32 mg/100g de vitamina C, enquanto os frutos mantidos sem embalagem apresentaram 5,69mg/100g, as condições que favorecem menor perda de água e murchamento resultam em menor perda de vitamina. Isso pode estar associado à redução na disponibilidade hídrica e consequentemente o desequilíbrio nutricional ocasionado pelos sais de acordo com Soares et al. (2007). Para Maas (1984) o quiabeiro é classificado como sensível a salinidade, sendo o limiar inferior a 1,3 dS m⁻¹ no extrato de saturação. Contudo, valores superiores foram encontrados neste estudo, o que pode estar atrelado a aplicação de fertilizantes combinados, uma técnica utilizada para compensar a menor absorção de nutrientes em condições salinas e assim aumentar a tolerância das culturas a salinidade (CUARTERO; MUÑOZ, 1999).

CONCLUSÕES

Os sólidos solúveis, a razão entre sólido solúvel, os teores de ácido ascórbico e a número de frutos por planta diminuem com o incremento da salinidade, independente da combinação de NK.

A salinidade da água de 3,1 dS m⁻¹ e a combinação 160%N + 120% K₂O resultam em maior acidez titulável de frutos de quiabeiro.

O potencial hidrogênionico dos frutos de quiabeiro não é influenciado pelos níveis salinos da água de irrigação e combinações de adubações NK.

LITERATURA CITADA

- Andrade Júnior, W. P.; Pereira, F. H. F.; Fernandes, O. B.; Queiroga, R. C. F.; Queiroga, F. M. Efeitos do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v.24, p.110-119, 2011.
- Apse, M. P.; Blumwald, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, p.2247-2254, 2007.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande – PB UFPB. Trad: Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 1999, 2018 p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado).
- Barbosa, J. C.; Maldonado Júnior, W. Experimentação agrônômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: **gráfica Multipress Ltda**, p. 396, 2015.
- Bosland, P. W.; Breeding for quality in Capsicum. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, v.12, p.25-30, 1993.
- Castro, M. M.; **Qualidade fisiológica de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos**. 2005. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2005.
- Cavalcante, L. F.; Diniz, A. A.; Santos, L. C. F.; Rebequi, A. M.; Nunes, J. N.; Brehm, M. A. S. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.19-28, 2010.
- Chartzoulakis, K. S.; Loupassaki, M. H.; Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas Exchange and yield of greenhouse eggplant. **Agricultural Water Management**, v.32, p.215-225, 1997.
- Cuartero, J.; Munoz, R. F.; Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.83-125, 1999.
- Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Sousa Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritive. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14:7, p.755-761, 2010.
- Duzyaman, E. Okra: botany and horticulture. In: Janick, J. **Horticultura Reviews** p. 41-72, 1997.
- Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: **Agrotecnologia Moderna na Produção e comercialização de Hortaliças**. 3º Ed. Viçosa: UFV, p.421, 2008.

- Galati, V. C.; Alves, A. U.; Galati, V. C.; Cecilio Filho, A. B.; Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.191-200, 1960.
- Gonçalves G. C.; **Estudo da viabilidade técnica da produção de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) e jiló (*Solanum gilo*) em Planaltina-GO**. Emater-GO, circular técnica, 2009.
- Gurgel M. T.; Uyeda, C. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, F. H. T.; Fernandes, P. D.; Silva, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p-3-10, 2010.
- Ikram-Ul-Haq.; Asif Ali Khan.; Azhar F. M.; Ehsan Ullah. Genetic basis of variation for salinity tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v.42, p.1567-1581, 2010.
- Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.36, p.57-70, 2013.
- Kafkafi, U. Plant nutrition under saline conditions, In: Shainberg, I.; Shalhevet, J. (ed.). Soil salinity under irrigation: processes and management. Berlin: **SpringerVerlag**, p.319-338, 1984.
- Krolow, A. C.; Schwengber, J.; Ferri, N. Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de agroecologia**. v.2, p. , 2007.
- Lee, S. K.; Kaader, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.207-220, 2000.
- Leonardo, M.; Broetto, F.; Villas-Bôas, R. L.; Marchese, J. A.; Tonin, F. B.; Regina, M. **Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido**, v.67, p.883-889, 2008.
- Maas, E. V.; Crop tolerance. **California Agriculture**, v.38, p.20-21, 1984.
- Macedo, J. A. B. Métodos laboratoriais de análise físico-químico e microbiológicas. **Águas e águas**. Jorge Macedo. Juiz de Fora, p.01-52, 2001.
- Medeiros, P. R. F. Duarte, S. N.; Uyeda, C. A.; Silva, E. F. F.; Medeiros, J. F. de. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.51-55, 2012.

- Medeiros, P. R. F.; Duarte, S. N.; Dias, C. T. S.; Silva, M. F. D. Tolerância do pepino a salinidade em ambiente protegido: efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. **Irriga**, v. 15, p.301-311, 2010.
- Melo, T. K.; Medeiros, J. F. de; Espínola Sobrinho, E.; Figueiredo V. B.; Pereira, V. C.; Campos, M. S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1235-1242, 2011.
- Mota, W. F.; Finger, F. L.; Silva, D. J. H.; Correa, P. C.; Firme, L. P.; Neves, L. L. M. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.722-725, 2005.
- Mota, W. F. et al. Conservação e qualidade pós- colheita de quiabo sob diferentes temperaturas e formas de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.12-18, 2010.
- Muller, J. J. V. **Produção de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)**. In: Muller, J. J. V.; Casali, V. W. D. “Ed.” SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA; 2ª edição; Viçosa, MG, v.1, p.107-149, 1982.
- Marques, D. J.; Broetto, F.; Lobato, A. K. S.; Silva, E. C.; Carvalho, J. G.; Ávila, F. W.; Alves, G. A. R.; Andrade, I. P. Photosynthetic pigments, nitrogen status, and flower behavior in eggplant exposed to different sources and levels of potassium. **Scientific Research and Essays**, v.8, p.67-74, 2012.
- Nascimento, I. B.; Ferreira, L. E.; Medeiros, J. F.; Aroucha, E. M. M.; Sousa, C. M. G.; Silva, N.K. C.; Izidio, N. S. C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.88-93, 2013.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Lourenço, G. S.; Soares, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoeira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.76-85, 2013.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S., eds. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa- SEA, p. 189-254, 1991.
- Paes, H. M. F.; Esteves, B. S.; Sousa, E. F. Determinação de demanda hídrica do quiabeiro em campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.256-261, 2012.
- Paschoalino, J. E. Hortaliças acidificadas em conserva: riscos e cuidados. **Informativo Fruthotec**, Campinas, v.2, 1997.

- Pascale, S.; Maggio, A.; Fogliano, V.; Ambrosino, P.; Ritieni, A. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidante activity of tomato. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.76, p.447-453, 2001.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de Greyi, H. R.; Sousa, J. E. de.; Queiroz. Campina Grande, UFPB, p117, 1992. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).
- Sakamoto, Y.; Watanabe, S.; Nakashima, T.; Okano, K. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of singletruss tomato grown in hydroponics. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.74, p.690-693, 1999.
- Santos Cividanes, T. M. et al. Atributos agronômicos de cultivares de quiabeiro em diferentes sistemas de fertilização. **Ciência & Tecnologia**. v.2, p.1-13, 2011.
- SIC: Sistema de informação ao consumidor. Catolé do Rocha: Prefeitura municipal. 2013.