



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

RICARDO ANDRÉ RODRIGUES FILHO

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA COM ÁGUAS DE DIFERENTES
SALINIDADES E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÕES NITROGENADA-POTÁSSICA**

MOSSORÓ - RN

2022

RICARDO ANDRÉ RODRIGUES FILHO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA COM ÁGUAS DE DIFERENTES
SALINIDADES E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÕES NITROGENADA-POTÁSSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo de solo e água no Semiárido

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre.

MOSSORÓ - RN

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R696p Rodrigues Filho, Ricardo André .
PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA COM ÁGUAS DE
DIFERENTES SALINIDADES E ADUBAÇÕES NITROGENADA-
POTÁSSICA / Ricardo André Rodrigues Filho. -
2022.
153 f. : il.

Orientador: Reginaldo Gomes Nobre.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2022.

1. Psidium guajava L. 2. Estresse salino. 3.
Potássio. 4. Nitrogênio. 5. Irrigação. I. Nobre,
Reginaldo Gomes , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RICARDO ANDRÉ RODRIGUES FILHO

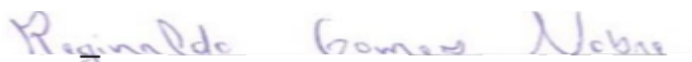
PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA COM ÁGUAS DE DIFERENTES
SALINIDADES E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÕES NITROGENADA-POTÁSSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo de solo e água no Semiárido.

Defendida em: 17 / 02 / 2022 .

BANCA EXAMINADORA



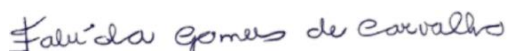
Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre (DCT/UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Geovani Soares Lima (PPGEA/UFCG)
Membro Examinador



Prof. Dra. Edna Lucia da Rocha Linhares (DCT/UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dra. Fabíola Gomes Carvalho (IFRN)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda força e proteção até aqui.

Ao professor Dr. Reginaldo Gomes Nobre por toda orientação, paciência e dedicação ao longo desta jornada.

Aos meus pais e todos os familiares, em especial agradeço a Luisa Raquel por todos os anos de companheirismo e apoio na minha vida pessoal e profissional.

A Universidade Federal Rural do Semiárido e todos que compõe o Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, além da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A Banca examinadora pela disposição em contribuir com a melhoria deste trabalho.

A todos os meus amigos que de alguma forma me ajudam a sempre alcançar meus objetivos.

“Você é o único representante do seu sonho na face da terra”.

Emicida

RESUMO GERAL

RODRIGUES FILHO, R. A. Produção de mudas de goiabeira com águas de diferentes salinidades e adubações nitrogenada-potássica. 2022. 157f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró/RN, 2022.

O cultivo da goiabeira irrigada no semiárido nordestino apresenta grande relevância para região, sobretudo devido a limitada disponibilidade de água de baixa condutividade elétrica na região, se faz necessário o desenvolvimento de estratégias que viabilizem o uso de águas salinas para a produção agrícola. Desta-forma, objetivou-se avaliar a produção de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e sob combinação de adubação nitrogenada e potássica em condição de semiárido nordestino. O experimento foi conduzido em áreas experimentais da UFRSA, campus Caraúbas, instalado em delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 5×4 , com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} ; combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3= 130% N + 100% K_2O e C4= 160% N + 125% K_2O , sendo a dose recomendada de 100% de N e K, respectivamente 541,1 mg de N dm^{-3} de solo e 798,6 mg de K dm^{-3} de solo, avaliados em dois experimentos (material genético Crioulo e cv. Paluma). A salinidade da água de irrigação comprometeu o crescimento das plantas aos 125 dias após o semeio (DAS), apresentando reduções aceitáveis no crescimento, fitomassa e qualidade até uma CEa de 2,1 dS m^{-1} para a cv. Paluma e Crioula. As combinações de adubação NK 70%N + 50% K_2O e 100% N + 75% K_2O da dose recomendada promoveram maiores resultados no crescimento e produção de fitomassa em ambos materiais genéticos. Níveis de CEa acima de 0,3 dS m^{-1} afetaram negativamente a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO_2 , a transpiração, a eficiência instantânea de carboxilação e fluorescência inicial antes do pulso de saturação da goiabeira Crioula aos 125 DAS. A combinação de 130%N + 100% K_2O proporcionou maiores valores estimados para as variáveis taxa de transporte de elétrons, fluorescência inicial antes do pulso de saturação e para a maioria das variáveis de trocas gasosas a uma CEa média de 1,3 dS m^{-1} para a cv. Paluma. Com relação a taxa de transporte de elétrons e fluorescência da clorofila a a água de irrigação com CEa acima de 0,3 dS m^{-1} reduziu os valores da fluorescência variável e fluorescência máxima em mudas de goiabeira, independente da combinação de adubação NK

utilizada. A adubação NK com doses acima das recomendações intensificou o estresse salino nas plantas de goiabeira, causando decréscimo no crescimento e fisiologia aos 125 DAS.

Palavras-chave: *Psidium guajava* L. Estresse salino. Irrigação. Nitrogênio. Potássio

GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES FILHO, R. A. Production of guava seedlings with water of different salinities and nitrogen-potassium fertilization. 2022. 157p. Dissertation (Master of Science in Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró / RN, 2021.

The cultivation of irrigated guava in the northeastern semiarid region is of great relevance, mainly due to the limited availability of low electrical conductivity water in the region, it is necessary to develop strategies that enable the use of saline water for agricultural production. Thus, the objective was to evaluate the production of guava seedlings irrigated with water of different salinities and under a combination of nitrogen and potassium fertilization in the northeastern semi-arid region. The experiment was carried out in experimental areas of UFRSA, Caraúbas campus, installed in a randomized block design in a 5×4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of electrical conductivity of irrigation water (EC_w) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 $dS\ m^{-1}$; combinations (C) of doses of nitrogen (N) and potassium (K_2O), where C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3= 130% N + 100% K_2O and C4= 160% N + 125% K_2O , the recommended dose being 100% N and K, respectively 541.1 mg of N dm^{-3} in soil and 798.6 mg of K dm^{-3} of soil, evaluated in two experiments (Crioulo genetic material and cv. Paluma). The salinity of the irrigation water compromised plant growth at 125 days after sowing (DAS), showing acceptable reductions in growth, phytomass and quality up to an EC_w of 2.1 $dS\ m^{-1}$ for cv. Paluma and Crioula. The combinations of NK fertilization 70%N + 50% K_2O and 100% N + 75% K_2O of the recommended dose promoted greater results in growth and phytomass production in both genetic materials. CEa levels above 0.3 $dS\ m^{-1}$ negatively affected stomatal conductance, CO_2 assimilation rate, transpiration, instantaneous carboxylation efficiency and initial fluorescence before the Crioula guava saturation pulse at 125 DAS. The combination of 130%N + 100% K_2O provided higher estimated values for the variables electron transport rate, initial fluorescence before the saturation pulse and for most gas exchange variables at an average EC_w of 1.3 $dS\ m^{-1}$ for cv. Paluma. Regarding the rate of electron transport and chlorophyll a fluorescence, irrigation water with EC_w above 0.3 $dS\ m^{-1}$ reduced the values of variable fluorescence and maximum fluorescence in guava seedlings, regardless of the combination of NK fertilization used. NK fertilization with doses above the recommendations intensified saline stress in guava plants, causing a decrease in growth and physiology at 125 DAS.

Keywords: *Psidium guajava* L. Salt stress. Irrigation. Nitrogen. Potassium

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1	– Mapa de localização do município de Caraúbas, RN.....	42
Figura 2	– Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN.....	43
Figura 3	– Preenchimento das sacolas de mudas (A e B), semeadura (C) e mudas após a emergência (D).....	45
Figura 4	– Pesagem das folhas (A), caule (B) e raiz (C) de plantas de goiabeira aos 125 DAS.....	48
Figura 5	– Análise das trocas gasosas foliares com auxílio do equipamento IRGA, modelo LCPro+ ADC BioScientific Ltda aos 125 DAS.....	49

CAPÍTULO III

Figura 1	– Medição do comprimento da nervura central (B) de plantas de goiabeira aos 125 DAS.....	70
Figura 2	– Número de folhas – NF (A) e (B) e diâmetro do caule (C) e (D) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.....	72
Figura 3	– Área foliar - AF de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação (A) e combinações de adubação nitrogenada e potássica (B) aos 125 dias após o semeio.....	74
Figura 4	– Taxa de crescimento absoluto da área foliar – TCAaf (A) e (B) e taxa de crescimento relativo da área foliar – TCRaf (C) e (D) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica no período de 85 à 125 dias após o semeio.....	76
Figura 5	– Massa seca do caule – MSC (A) e (B) e massa seca das folhas – MSF (C) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.....	78
Figura 6	– Massa seca total– MST (A) e (B), índice de qualidade de Dickson – IQD (C) e massa seca da raiz (D) de mudas de goiabeira irrigadas com água de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica	

aos	125	dias	após	o	
semeio.....					80

CAPÍTULO IV

Figura 1	–	Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, Campus Caraúbas – RN.....	92
Figura 2	–	Condutância estomática – gs (A), taxa de assimilação de CO ₂ – A (B), concentração interna de CO ₂ – Ci (C), de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.....	98
Figura 3	–	Transpiração – E (A) e eficiência instantânea de carboxilação – EiCi (B) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação aos 125 dias após o semeio.....	99
Figura 4	–	Taxa de transporte de elétrons – ETR (A) e fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs (B) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação aos 125 dias após o semeio.....	104
Figura 5	–	Fluorescência variável – Fv em função de salinidades da água de irrigação (A) e de combinações de adubação NK (B) e fluorescência máxima – Fm (C) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação aos 125 dias após o semeio.....	105

CAPÍTULO V

Figura 1	–	Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN.....	116
Figura 2	–	Número de folhas – NF (A), diâmetro do caule – DC (C) de goiabeira crioula em função da condutividade elétrica da água de irrigação e diâmetro do caule (B) e altura de planta – AP (D) em função da combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.	122
Figura 3	–	Taxa de crescimento absoluto TCAdc (A) e relativo do diâmetro caulinar – TCRdc (B) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica de 85 aos	

	125	dias	após	o	125
	semeio.....				
Figura 4	–	Massa seca das folhas – MSF (A), do caule – MSC (B), das raízes – MSR (C) e massa seca total – MST (D) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.			128
Figura 5	–	Índice de qualidade de Dickson – IQD (A) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.....			129

CAPÍTULO VI

Figura 1	–	Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN.....			138
Figura 2	–	Condutância estomática – gs (A), concentração interna de CO ₂ – Ci (B), transpiração – E (C), taxa de assimilação de CO ₂ – A (D) de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.....			142
Figura 3	–	Eficiência instantânea da carboxilação – EiCi de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.....			145
Figura 4	–	Fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.....			147

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	– Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação.....	28
----------	---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1	– Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira.....	45
----------	---	----

CAPÍTULO III

Tabela 1	– Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira cv. Paluma.....	68
Tabela 2	– Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 125 DAS e taxas de crescimento absoluto (TCAaf) e relativo da área foliar (TCRaf) realizados dos 85 aos 125 DAS em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	71
Tabela 3	– Resumo da análise de variância referente a massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), de raiz (MSR) e total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) realizados aos 125 DAS, em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.	77

CAPÍTULO IV

Tabela 1	– Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira cv. Paluma.....	93
Tabela 2	– Resumo da análise de variância referente a concentração interna de CO ₂ (Ci), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO ₂ (A), transpiração (E), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) e eficiência instantânea no uso de água (EiUa), em mudas de goiabeira aos 125 DAS em função dos distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	96
Tabela 3	– Resumo da análise de variância referente a taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência variável (Fv) e fluorescência máxima (Fm) da clorofila a, realizados aos 125 DAS em mudas de goiabeira em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	102

CAPÍTULO V

Tabela 1	–	Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira Crioula.....	118
Tabela 2	–	Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 125 DAS e taxas de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro do caule (TCRdc) realizados dos 85 aos 125 DAS em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	121
Tabela 3	–	Resumo da análise de variância referente massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), seca total (MST) de mudas de goiabeira crioula e índice de qualidade de Dickson (IQD) realizados aos 125 DAS em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	126

CAPÍTULO VI

Tabela 1	–	Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira Crioula.....	139
Tabela 2	–	Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci), transpiração (E), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência instantânea do uso de água (EiUa) e eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) de mudas de goiabeira Crioula realizados aos 125 DAS em função dos distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	142
Tabela 3	–	Resumo da análise de variância referente a taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência máxima (Fm) e variável (Fv) de mudas de goiabeira Crioula realizados aos 125 DAS em função dos distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.....	146

SUMÁRIO

RESUMO GERAL

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Cultura da goiabeira	18
3.1.1 Aspectos botânicos	18
3.1.2 Importância socioeconômica da goiabeira	19
3.1.3 Características edafoclimáticas	20
3.1.4 Características dos materiais genéticos Paluma e Crioula	21
3.1.5 Produção de mudas	22
3.2 Qualidade da água para irrigação no semiárido	24
3.3 Classificação da água para irrigação	26
3.3.1 Classificação de Richards (1954)	26
3.3.2 Restrições para o uso da água	27
3.4 Efeito da salinidade na planta	29
3.4.1 Efeito osmótico	29
3.4.2 Efeito tóxico	30
3.5 Efeito dos sais no solo	32
3.6 Tolerância das plantas ao estresse salino	33
3.6.1 Mecanismos de tolerância	34
3.6.2 Efeitos da salinidade na goiabeira	36
3.7 Adubação nitrogenada e potássica no cultivo da goiabeira	38

CAPÍTULO II

1 METODOLOGIA GERAL	42
1.1 Local do experimento	42
1.2 Delineamento experimental, tratamentos e cultura a ser estudada	43
1.3 Condução do experimento, adubação foliar e fosfatada	44
1.4 Variáveis analisadas	46
1.4.1 Avaliações de crescimento	46
1.4.2 Avaliações fisiológicas	48
1.4.2.1 Trocas gasosas	48
1.4.2.2 Eficiência fotoquímica	49
1.4.3 IQD	50
1.5 Análise estatística	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

CAPÍTULO III: CRESCIMENTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO	62
ABSTRACT	63
1 INTRODUÇÃO.....	64
2 MATERIAL E MÉTODOS	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4 CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

CAPÍTULO IV: FISILOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO	86
ABSTRACT	87
1 INTRODUÇÃO.....	88
2 MATERIAL E MÉTODOS	89
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4 CONCLUSÕES.....	104
REFERÊNCIAS.....	105

CAPÍTULO V: MORFOLOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOLA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO	110
ABSTRACT	111
1 INTRODUÇÃO.....	112
2 MATERIAL E MÉTODOS	113
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	114
4 CONCLUSÕES.....	118
REFERÊNCIAS.....	127
REFERÊNCIAS.....	128

CAPÍTULO VI: COMPONENTES FISIOLÓGICOS DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOLA SOB ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO	131
ABSTRACT	132
1 INTRODUÇÃO.....	133
2 MATERIAL E MÉTODOS	134
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
4 CONCLUSÕES.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
REFERÊNCIAS.....	145

CAPÍTULO VI: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....

150

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.) tem destaque no contexto da produção de frutícolas no cenário brasileiro em virtude do seu alto valor nutricional, aroma e sabor agradável, podendo ser consumido *in natura* ou passar por processos industriais. Em termos nutricionais, a goiaba é fonte de vitamina C, além de altos teores de açúcares, vitamina A e B, e teores elevados de fósforo, potássio, ferro e cálcio (SILVA et al., 2010).

A produção mundial de goiaba apresenta uma vasta extensão territorial, sendo uma cultura cultivada em praticamente todas as regiões do planeta. Dentre os países que mais se destacam na produção estão Índia, China, Indonésia e Brasil (FAO, 2019). No ano de 2020 a produção nacional de goiaba foi de 566, 29 mil toneladas em uma área destinada ao plantio de aproximadamente 22,23 mil hectares, onde os estados de São Paulo, Bahia, Pernambuco e Rio de Janeiro se destacaram como os maiores produtores nacionais. O estado do Rio Grande do Norte produziu 2,73 mil toneladas em 2020, figurando entre os maiores produtores na região Nordeste (IBGE, 2022).

É notável a grande contribuição que os estados do Nordeste dão para o aumento da produção nacional dessa fruteira, muito em função das técnicas de irrigação que possibilita o cultivo em condições de baixos índices pluviométricos e elevadas taxas de evapotranspiração, condicionando, muitas vezes, regimes prolongados de estiagem (DIAS et al., 2016). Com isso, a irrigação é um processo essencial para garantir a produção de alimentos em regiões semiáridas, devido ao déficit hídrico. Outro problema na região é a presença de fontes de água com baixa qualidade, principalmente no tocante à salinidade, decorrentes das condições climáticas e geológicas da região (MEDEIROS et al., 2003). O uso de águas com elevada condutividade elétrica é cada vez mais recorrente para essas áreas.

Gheyi et al. (2016) citam que o uso de águas salinas para irrigação pode causar problemas sérios para a agricultura, já que ela é responsável pela redução da produtividade das culturas, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Por isso a salinidade é considerada um dos pontos mais relevantes na qualidade da água para irrigação, onde a aplicação de águas salinas em solos mal manejados acarreta em efeitos adversos no sistema solo-água-planta, provocando danos fisiológicos na cultura e reduzindo seu potencial produtivo.

Contudo, a escolha de espécies tolerantes à salinidade e o correto manejo de irrigação torna-se imprescindível na produção agrícola no Semiárido nordestino dos períodos de estiagem e precipitação irregulares para que se possa produzir satisfatoriamente mesmo com o uso de águas salinas (LIMA et al., 2014).

Além de diminuir a disponibilidade de água no solo e causar seca fisiológica nas culturas devido à redução no potencial osmótico da solução do solo, o aumento da concentração de sais no solo pode provocar também efeitos tóxicos em função do acúmulo de íons de sódio e cloreto em níveis acima do tolerado pela cultura (PEDROTTI et al., 2015), acarretando em desequilíbrio nutricional, causado por deficiência de alguns elementos essenciais às plantas, como cálcio, magnésio e potássio (MARSCHNER, 2011).

Alguns trabalhos avaliaram a capacidade de germinação de sementes de goiabeira em solos artificialmente salinizados com diferentes compostos salinos, tais como: cloreto de sódio, sulfato de sódio, cloreto de cálcio e misturas desses sais. Kaul et al. (1988) verificaram que solos com níveis de salinidade de 6, 9 e 12 dS m⁻¹, independentemente do tipo sal utilizado, causou redução, inibição ou retardamento na germinação das sementes à medida que houve aumento na concentração salina do solo. Outros estudos constataram que a goiabeira sofre redução em seu crescimento e rendimento quando irrigada com água com salinidade acima de 1,5 dS m⁻¹ (FREIRE et al., 2014; BEZERRA et al., 2018).

A aplicação de adubação em plantas de goiabeira durante as todo ciclo da cultura é uma alternativa que pode minimizar o efeito deletério da salinidade em seus processos fisiológicos e morfológicos (SOUZA et al., 2017; BEZERRA et al., 2018; BONIFÁCIO et al., 2018). O nitrogênio é o nutriente que está diretamente ligado com o crescimento e atividade metabólica das plantas, sua aplicação permite melhorar as condições metabólicas da planta, formando compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas, clorofila e ácidos nucleicos (TAIZ; ZAIGER, 2013). Já o potássio desempenha diversas funções na planta que atenuam o efeito da salinidade, como o controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação da abertura e fechamento dos estômatos e resistência as condições de seca e salinidade (MARSCHNER, 2011).

Considerado como principal fonte de nutrição mineral, o nitrogênio apresenta forte sinergia com o potássio de forma que a aplicação de fertilizantes potássicos induz melhores respostas da cultura ao N, onde a resposta da cultura à adubação nitrogenada diminui quando o teor de K trocável no solo está abaixo do nível crítico para a planta, sendo importante a utilização conjunta desses fertilizantes para não causar perdas aos produtores e contaminação do ambiente por fertilizantes nitrogenados (BRAR et al., 2011).

O estudo do uso de combinações de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados e potássicos para a cultura da goiabeira se faz necessário, tendo em vista que a interação entre uso de águas salinas na irrigação e adubação pode amenizar o efeito do estresse salino, fazendo com que ocorra um aumento na produtividade de cultivos em áreas afetadas pela salinidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a produção de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e sob combinação de adubação nitrogenada e potássica em condição de semiárido nordestino.

2.2 Objetivos Específicos

Mensurar as variáveis de crescimento, fisiológicas e qualidade de mudas de goiabeira irrigadas com águas de diferentes salinidades associado a adubação com combinações de doses de nitrogênio e potássio.

Identificar a combinação de doses de N e K capaz de amenizar o efeito negativo da salinidade sobre a produção de mudas de goiabeira.

Determinar o limite de salinidade para obtenção de mudas de qualidade de genótipos (Paluma e Crioula) de goiabeira sob combinação de adubação com N e K.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura da goiabeira

3.1.1 Aspectos botânicos

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae (RISTERUCCI et al., 2005) e é originária das áreas tropicais americanas, sendo levada pelos navegantes europeus para colônias na Ásia e África e cultivada em todas as regiões tropicais do mundo (PEREIRA, 1995). A família Myrtaceae é composta por 130 gêneros e cerca de 3 mil espécies de árvores e arbustos espalhados em regiões de clima tropical e subtropical, onde a goiabeira é considerada

a espécie mais importante da família. O gênero *Psidium* contempla cerca de 150 espécies (SILVA et al., 2010).

É uma planta que atinge de 3 a 10m de altura, com raízes superficiais e cascas lisas, de coloração esverdeada ou amarronzada. As folhas tem coloração verde e apresentam forma elípticas ou oblongas, opostas, coriáceas e inicialmente cobertas com pelos, medindo entre 5 e 15cm de comprimento e 3 a 6cm de largura (BOLIANI, 2014). As flores apresentam órgãos femininos e masculinos, isoladas ou agrupadas em duas ou três flores, de quatro a cinco pétalas brancas com formado côncavas e obovadas (SILVA et al., 2010).

Gonzaga Neto (2001) cita que o início da frutificação ocorre entre o segundo e terceiro ano após o plantio em local definitivo ao ser implantado por meio de sementes. Já para pomares com propagação vegetativa (estacas ou enxertia) a fase de frutificação ocorre com até 7 ou meses de idade após o transplantio em local definitivo. A floração da goiabeira pode variar em função da região de cultivo, em alguns casos as plantas florescem entre o terceiro e quarto ano de cultivo e fenômenos de precocidade devem ser eliminados para garantir o melhor desenvolvimento (CALZAVARA, 1989).

O fruto da goiabeira é uma baga, de formato ovoide, globoso ou piriforme, variando seu diâmetro de 4 a 10cm e pesando entre 100 a 450g. Sua casca tem coloração verde-clara ou amarela-brilhante e a polpa carnuda apresenta espessura variável, com variação de coloração em função da cultivar, podendo ser branca, amarela, vermelha ou rosa (JAISWAL; JAISWAL; 2005).

No Brasil, a cultura da goiabeira apresenta uma grande variabilidade genética, onde seus genótipos foram trazidos da Austrália, Estados Unidos e Índia, diferindo entre elas devido aos aspectos físicos e produtivos, tais como: formato da copa, produtividade, número, tamanho e formato dos frutos e coloração da polpa. Dentre as principais cultivares disponíveis para os produtores brasileiros, pode-se citar a Kumagai, Pedro Sato, Paluma, Sassaoka, Rica e Século XXI (SILVA et al., 2010).

3.1.2 Importância socioeconômica da goiabeira

A produção mundial de goiaba apresenta uma vasta extensão territorial, sendo uma cultura cultivada em praticamente todas as regiões do planeta. Dentre os países que mais se destacam na produção estão Índia, China, Indonésia e Brasil (FAO, 2019). Os estados do Ceará e o Rio Grande do Norte se destacam em relação a agricultura irrigada devido a infraestrutura

de irrigação implementada, sendo responsáveis por uma grande parcela da produção regional de algumas frutas, tais como banana, goiaba, melancia, melão e coco-da-baía (VITAL, 2019).

A cultura da goiabeira tem destaque devido a seu elevado valor nutricional, aroma e sabor agradável, podendo ser consumida *in natura* ou passar por processos industriais e ser transformada em sucos, néctares, polpas, sorvetes, geleias e servir de ingredientes para a produção de gelatinas, iogurtes e molhos. Em termos nutricionais, a goiaba é fonte de vitamina C, pois se comparado com frutas cítricas, os teores são de seis a sete vezes maiores nessa fruta. Além disso, contém altos teores de açúcares, vitamina A e B, e teores elevados de fósforo, potássio, ferro e cálcio (SILVA et al., 2010).

A exploração da goiabeira (*Psidium guajava* L.) ocorre em uma grande extensão territorial na região nordeste do Brasil, justamente por ser uma planta rústica e de fácil adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, onde além de obter resultados satisfatórios em termos produtivos, representa uma cultura de alto valor nutricional e gera emprego e renda pelo potencial de produtos industrializados. A produção de goiaba pode ser considerada como uma importante fonte de renda para as zonas irrigadas no semiárido (OLIVEIRA et al., 2015).

3.1.3 Características edafoclimáticas

A goiabeira é considerada uma planta rústica que apresenta fácil adaptação as mais diversas condições ambientais, sendo cultivada em climas subtropicais e tropicais, com altitudes que podem variar desde o nível do mar até 1.700 m (GONZAGA NETO; SOARES; 1994). No território brasileiro, a goiabeira é cultivada em diversas condições climáticas, seu cultivo vai desde a região Sul até a região Nordeste. Entretanto, sua produtividade pode ser afetada por fatores como temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica (SILVA et al., 2010).

No tocante a temperatura ideal para produção de goiabeira, Medina et al (1991) define a temperatura média de 25 °C sendo indicada como ótima para o cultivo da espécie. Pereira (1995) cita que a temperatura ideal para o cultivo da goiabeira deve estar entre 24 a 28 °C. Já Teixeira et al. (2001) observa que a cultura é bastante tolerante à seca e altas temperaturas, podendo sobreviver em temperaturas até 46 °C. A temperatura de -4 °C é considerada letal para a espécie, tendo em vista que em condições de geada, ocorre a queima das folhas e dos ramos, inviabilizando a recuperação dos pomares afetados por essa condição climática adversa (SENTELHAS et al., 1996).

A umidade relativa do ar ideal para a goiabeira está entre 50 e 80% (GONZAGA NETO; SOARES, 1994). Entretanto, Manica (2000) condiciona a umidade relativa do ar para o plantio da cultura situada entre um intervalo de 37 a 96%. Os fatores temperatura e umidade relativa do ar condicionam aspectos fitossanitários na cultura, pois altas taxas de umidade relativa do ar com elevadas temperaturas facilitam o surgimento de pragas e doenças, como a ferrugem (*Puccinia psidii*), e temperaturas entre 18 e 25 °C e alta umidade relativa do ar favorece o aparecimento de bactérias (SILVA et al., 2010).

Por ser uma cultura bastante exigente do ponto de vista da necessidade hídrica, a goiabeira produzida em regime de sequeiro requer uma precipitação pluvial bem distribuída, variando de 800 a 1.000 mm de chuva por ano. Precipitações anuais menores que 600 mm, é necessário haver a compensação do déficit hídrico via uso de irrigação complementar para não acarretar em atrasos no florescimento e queda de frutos (SILVA et al., 2010).

Buscando sempre melhorar a produtividade, é importante avaliar a evapotranspiração da goiabeira em ambientes áridos e semiáridos. Teixeira et al. (2003) realizaram um estudo para estimar o consumo hídrico da goiabeira na cidade de Petrolina-PE durante a fase de poda e colheita e foi verificado que o valor médio de evapotranspiração nesse período foi de $4,53 \pm 0,68 \text{ mm dia}^{-1}$.

3.1.4 Características dos materiais genéticos Paluma e Crioula

A cultivar Paluma é a mais cultivada no Brasil devido a sua alta produtividade e vigor (DIAS et al., 2012), podendo chegar a um rendimento potencial de até 50 t ha^{-1} . A goiaba Rubi-Supreme foi o material utilizado como clone para a obtenção da cultivar Paluma, sendo obtido a partir de sementes de polinização aberta através do programa de melhoramento genético de fruteiras da FCAV/Unesp (PEREIRA; NACHTIGAL, 2009). Seus frutos apresentam forma ovóide, consistência firme, sabor agradável, boa capacidade de conservação pós colheita, sua massa varia de 140 a 250 g, diâmetro longitudinal de 8 a 10 cm e transversal de 7 a 9 cm, com coloração vermelha (MEDINA et al., 1991). Os frutos podem ser utilizados desde o mercado de consumo in natura até o processamento industrial (NATALE; ROZANE; PRADO, 2012).

Além de possuir boas características para a industrialização, a cv. Paluma apresenta pequena porcentagem de sementes, com 94% de rendimento de polpa, sendo um genótipo de fácil propagação e boa tolerância a pragas e doenças, como a ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.) (MANICA et al., 2001).

A goiabeira cv. Paluma possui maior exigência nutricional durante a fase de crescimento inicial, principalmente a partir dos 70 até os 90 dias após o transplante com propagação por estacas herbáceas. O potássio é o macronutriente mais acumulado pela cultivar, com 726 mg planta⁻¹, seguido por N, Ca, S, P e Mg, com 552, 293, 73, 64 e 39 mg planta⁻¹, respectivamente (FRANCO et al., 2007).

De acordo como estudo conduzido por Lima et al. (2002), foi observado que a goiaba Paluma possui teores elevados de sólidos solúveis (SS), sendo próximo de 10,4°Brix, acidez titulável (AT) de 0,63% de ácido cítrico e teor de vitamina C com média de 89,78 mg de ácido ascórbico por 100g.

O genótipo Crioula é caracterizada como um material vegetal rústico, adaptado as condições de clima e solo do semiárido nordestino, sendo bastante utilizado na produção de porta-enxerto em viveiros de produção de muda na região (CAVALCANTE et al., 2005). Em estudo avaliando a tolerância de porta-enxertos de goiabeira sob condição de estresse salino, Sá et al. (2016) verificaram que a cultivar Crioula apresentou maior tolerância à salinidade que as cultivares Paluma e Ogawa, sendo a mais indicada para ser porta-enxertos na produção de mudas.

3.1.5 Produção de mudas

A produção de mudas de qualidade é um fator preponderante para a implementação de um pomar com alta produtividade. A disponibilidade e localização de áreas, além da tecnologia empregada e o capital a ser investido devem ser levados em consideração pelos produtores (BASTOS; RIBEIRO, 2011). Os viveiros são importantes para a obtenção de mudas de qualidade, tendo em vista que nestes locais elas serão dispostas e cuidadas até que adquiram idade e tamanho suficiente para serem levadas de forma definitiva para o pomar (OLIVEIRA, 2016).

Caldeira et al. (2012) citam que o preparo do substrato é um fator determinante para a obtenção de mudas de qualidade, tendo em vista que a germinação de sementes, o crescimento radicular e o enraizamento dependem das características físicas, químicas e biológicas do substrato.

Produzir mudas em tubetes ou sacos plásticos apresenta diversas vantagens, tais como: maior desempenho da muda, uso de misturas especiais para produção de substrato, maior produtividade de mudas, maior controle em relação as condições ambientais, reduz o período de formação das mudas, maior controle de plantas invasoras, otimização da mão de obra, o que

decorre em maiores lucros para o produtor. Em contrapartida, sistemas de produção em recipientes existe a necessidade da adoção de sistemas de irrigação mais sofisticados e maiores cuidados com o sistema radicular, pois não é possível inspecionar as raízes das plantas nessas condições (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010).

Dentre os métodos de produção, a propagação vegetativa é um processo reprodutivo onde a planta matriz (planta mãe) é multiplicada e regenerada, não havendo a fusão de gametas. A propagação ocorre via divisão e diferenciação celular, pois todas as células dispõem de informações genéticas para a regeneração da planta (SASSO, 2009). A propagação sexuada ocorre em praticamente todas as angiospermas, devido a mecanismos de multiplicação, havendo a fusão dos gametas masculinos e femininos para formar apenas uma célula. A célula formada após a polinização é chamada de zigoto. A autopolinização acontece quando os gametas são da mesma flor ou flores distintas, mas da mesma planta, já a polinização cruzada ocorre quando as flores são de plantas diferentes (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005)

A produção de mudas de goiabeira pode ser realizada através de métodos sexuais, com o uso de sementes, como também via assexuada, através de métodos vegetativos, por enxertia e estaquia (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010). Atualmente as técnicas de propagação via sementes vêm sendo substituídas pelos métodos de propagação vegetativa, com o objetivo de reduzir a variabilidade das plantas e frutos durante a produção, além de produzir em menor espaço de tempo e apresentar baixo custo (BASTOS; RIBEIRO, 2011).

Geralmente, a utilização da propagação seminífera é empregada restritamente a programas de melhoramento e produção de porta-enxertos, sendo utilizado em países que não dispõe de tecnologia avançada para a propagação sem enxertia, considerado o método mais simples para obtenção de mudas de goiabeira (PEREIRA et al., 2016). A utilização da produção via sementes é recomendada em casos de melhoramento genético em função da possibilidade de escolher genótipos agronomicamente melhores, sendo recomendado para a produção comercial a aplicação de porta-enxertos (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010).

As sementes que serão destinadas a formação dos porta-enxertos devem ser retiradas de frutos maduros das plantas matrizes sadias, precoces e com boas condições fitossanitárias. Após a escolha da semente, as mesmas devem passar por processos antes do semeio, onde serão despulpadas, secadas à sombra e passar por um tratamento com fungicidas (GONZAGA NETO; SOARES, 1994; SILVA et al., 2010).

A enxertia em goiabeiras por ser feita por técnicas de garfagem de fenda cheia ou borbulhia. É recomendável que comprimento do garfo seja próximo a 10 cm e tenha 12 mm de

diâmetro. Tanto o garfo como a borbulha devem ter o mesmo diâmetro do porta-enxerto, com idade entre 8 a 10 meses. Após atingir 40 a 50 cm de altura, a planta está apta a ser plantada em local definitivo (GONZAGA NETO; SOARES, 1994).

Singh (2007) define dimensões de 15 a 18 cm de comprimento e 8 mm de diâmetro para os garfos estarem aptos ao processo de enxertia, onde o autor recomenda que os ramos devem ser retirados e desfolhados da planta matriz, entre 5 a 7 dias antes de serem enxertados para garantir uma melhor e mais rápida brotação.

O método de propagação por estaquia é empregado constantemente em fruticultura, pois essa técnica consegue manter as características genéticas da planta mãe, ocasionando uma maior uniformidade dos pomares, tornando-os mais produtivos e produzindo frutos de melhor qualidade (SILVA et al., 2010). Essa técnica consiste em retirar estacas das extremidades dos ramos novo da planta matriz, com dois nós, medindo 12 cm de comprimento e dois pares de folhas cortadas ao meio, realizando em seguida um corte em bisel para aumentar a área de enraizamento. Devido a alta sensibilidade das estacas à perda de água e ressecamento, elas devem ser postas em câmara de nebulização intermitente, com o controle adequado de sua temperatura e umidade.

De acordo com Manica (2000), as estacas podem ser dispostas em bandejas, canteiros ou diretamente em sacos de polietileno (utilizando vermiculita ou palha de arroz carbonizada como substrato). A seleção dos materiais mais desenvolvidos e com melhor enraizamento deve ser feita de 60 a 75 dias após o preparado das mudas. Durante a década de 1980 e início de 1990, a enxertia de goiabeira em porta-enxertos foi o método mais utilizado para a propagação da cultura no Brasil, sendo substituído pelo método de estacas herbáceas em sistema de nebulização (PEREIRA et al., 2016).

3.2 Qualidade da água para irrigação no semiárido

A exploração agrícola favorece o desenvolvimento socioeconômico das distintas regiões do mundo, entretanto, nos últimos anos evidencia-se uma crescente preocupação em relação a escassez de água para satisfazer o consumo das principais atividades realizadas pelos seres humanos, seja para a indústria, abastecimento urbano ou na agricultura irrigada.

Munns (2002) cita que no último século, a agricultura irrigada cresceu de forma considerável e alavancou o aumento da produção agrícola no mundo. A aplicação de água nas culturas de forma artificial representa cerca de 15% de toda a produtividade agrícola no mundo e contribui com 75% do total de alimentos para consumo humano. Mesmo com toda tecnologia

emprega para aumentar a produtividade agrícola, milhões de hectares de solo continuam sendo degradados por processos de salinização e sodificação causados por uso de águas de baixa qualidade em áreas mal manejadas, fato esse que contribui diretamente para a redução da produção agrícola no mundo (MENDONÇA et al., 2012). Cerca de 33% de todo solo do planeta já apresenta algum tipo de degradação (FAO, 2015).

O semiárido nordestino é caracterizado por baixos índices pluviométricos anuais (inferiores a 800 mm), vegetação de caatinga, embasamento cristalino e solos rasos. As temperaturas elevadas durante todo o ano, amplitudes térmicas variando entre 2 °C e 3 °C e altas taxas de evapotranspiração condicionam o desbalanço hídrico na região (GONDIM et al., 2016).

A região semiárida do Brasil se destaca em termos de produção agrícola principalmente na exploração de fruteiras, no entanto, ocorre frequentemente escassez de águas de boa qualidade para uso na agricultura irrigada e, nestes períodos, como alternativa, muitos agricultores estão utilizando águas de qualidade não convencional em suas áreas, como por exemplo águas residuárias de esgoto doméstico tratado, águas salinas de poços e de drenagem agrícola e a salmoura de estações de tratamento de águas salobras (GHEYI et al., 2016).

A necessidade de ampliação das áreas agricultáveis na região Nordeste é induzida pelo aumento populacional e pressão econômica pela produção de alimentos, acarretando em um maior número de áreas degradadas por salinidade e/ou sodicidade, em função da utilização de águas de baixa qualidade para irrigação em terras marginais, associado ao manejo inadequado e drenagem ineficiente (RIBEIRO et al., 2016).

Muitas das vezes, só é possível atingir boa produção agrícola com a aplicação de água via irrigação, principalmente em regiões áridas e semiáridas, que se caracterizam por uma elevada taxa de evapotranspiração e baixos índices de precipitação pluviométrica, como ocorre no Nordeste brasileiro. Em alguns casos, a condição de déficit hídrico só pode ser contornada com o uso de irrigação com águas de baixa qualidade, tornando os solos salinos em função da incorporação dos sais no solo pela água (HOLANDA et al., 2016).

Quanto mais salina e/ou maior quantidade de resíduos estejam presentes na água utilizada para irrigação, maior deverá ser o planejamento e a adoção de medidas mais complexas e cuidadosas nas práticas de manejo do solo e da lâmina de irrigação. As zonas áridas e semiáridas são mais suscetíveis a apresentarem problemas de salinização, pois em áreas com maiores índices de precipitação, os sais são dissolvidos e lixiviados ao longo do perfil do solo. Já em áreas com baixa precipitação não há a lavagem desses sais para profundidades abaixo da zona radicular das plantas (GHEYI et al., 2016).

De acordo com Medeiros (1992), as fontes de água disponíveis para irrigação na região nordestina, como a maioria das fontes de água presentes nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, ocorre a predominância de águas cloretadas de sódio, cálcio e magnésio, na proporção de 7:2:1 ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$), respectivamente.

Segundo Medeiros et al. (2003) a região semiárida do Brasil apresenta uma característica de déficit hídrico e irregularidade de distribuição das chuvas do ponto de vista temporal, evidenciando a real necessidade e dependência da produção agrícola via uso de irrigação. Entretanto, águas superficiais e poços apresentam em grande parte uma elevada concentração salina. Fato também descrito por Gurgel et al. (2010), citando que o polo produtivo Mossoró-Assú utiliza água para irrigação retirada do calcário Jandaíra por ter um custo menor de captação que o aquífero Arenito Açú, mesmo sendo uma água de pior qualidade do ponto de vista da salinidade em função da formação geológica do local. Parte considerável dos açudes de pequeno e médio porte e poços profundos da região apresentam condutividade elétrica variando de 1,97 a 2,98 dS m^{-1} (MEDEIROS et al., 2003).

A avaliação da qualidade da água para fins de irrigação deve seguir quatro critérios básicos, sendo eles: a) o conteúdo de sais solúveis, indicando o risco de salinidade; b) proporção relativa de íons sódio para íons cálcio e magnésio, dada pela relação de adsorção de sódio (RAS); c) concentração residual de carbonatos de sódio, bicarbonatos de carbonatos de cálcio e magnésio; e d) concentração excessiva de elementos que provocam desequilíbrio iônico nas plantas, indicando a toxicidade de íons cloreto, sódio e boro (ZAMAN; SHAHID; HENG, 2018).

De acordo com Almeida (2010), a salinidade diz respeito ao aumento da concentração de sais solúveis no solo, alterando também o potencial osmótico e a capacidade da planta absorver água, já a sodicidade representa o aumento gradual de sódio trocável no solo em comparação com a concentração de outros íons, como cálcio e magnésio e a toxicidade está relacionada com os problemas causados pela acumulação de determinados íons nos tecidos das plantas.

3.3 Classificação da água para irrigação

3.3.1 Classificação de Richards (1954)

Nesse modelo, é adotada um diagrama para avaliação qualitativa, dividindo as águas em quatro classes de salinidade, sendo enquadradas como C1, C2, C3 e C4 em ordem crescente da

sua condutividade elétrica (CE), além disso, divide-se em outras quatro classes (S1 a S4), de acordo com seu nível crescente de sodicidade, evidenciando o efeito que o sódio trocável tem sobre as características físicas do solo, dada pela RAS.

Combinando os índices de CE e RAS é possível estabelecer diferentes tipos de água. Seguindo a classificação de Richards (1954), tem-se:

C1 – água de baixa salinidade (CE entre 0 e 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Essa classe de água pode ser empregada para irrigar a maior parte dos cultivos, indicando pouca possibilidade de se desenvolver salinidade e solos com baixa permeabilidade necessitam de uma lâmina excedente para lixiviação.

C2 - água de salinidade média (CE entre 250 e 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Águas que podem ser usadas quando houver uma lixiviação moderada e em solos que estejam cultivados com plantas moderadamente tolerante à salinidade.

C3 – água de salinidade alta (CE entre 750 e 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Apresenta maior restrição de uso que as duas anteriores, podendo ser usada quando houver drenagem eficiente e necessita de práticas de manejo de controle da salinidade, devendo ser cultivado espécies muito tolerantes ao estresse salino.

C4 – água de salinidade muito alta (CE entre 2250 e 5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C). Classe de água com maior restrição em termos de condutividade elétrica, devendo ser utilizada apenas ocasionalmente em situações especiais e em solos com boa permeabilidade e drenagem adequadas, aplicando ainda uma lâmina em excesso para obter boa lixiviação. Apenas culturas altamente tolerantes aos sais devem ser irrigadas com essa água.

Já para a classificação em termos de conteúdo de sódio, as águas são classificadas em função da sua condutividade elétrica e RAS, conjuntamente, onde: S1 são águas com conteúdo baixo em sódio, S2 com conteúdo médio em sódio, S3 com alto conteúdo em sódio e S4 águas com conteúdo muito alto em sódio.

Pizarro (1996) identificou falhas conceituais na abordagem de Richards (1954), como a seletividade de trocas do Ca e Mg não serem iguais, pois para um mesmo valor de RAS, o sódio é absorvido em maior escala quando há um aumento a relação Ca/Mg, além de que a RAS apresenta variação em função da diluição e identificou também que Richards (1954) não levou em consideração a possibilidade de precipitação dos sais, que pode aumentar o risco de sodicidade (ALMEIDA, 2010).

3.3.2 Restrições para o uso da água

Silva et al. (2011) apresentaram a determinação das concentrações dos constituintes físico e químicos da água de irrigação, avaliando seus resultados de acordo com as diretrizes técnicas propostas por Ayers e Westcot (1999), como consta na Tabela 1.

Tabela 1 – Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

Problemas e constituintes relacionados com	Unidade	Grau de restrição para o uso		
		Nenhum	Moderado	Severo
Salinidade				
CE	dS/m	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
TST	mg/L	< 450	450 a 2000	> 2000
INFILTRAÇÃO				
RAS = 0 a 3 e CE	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e CE	dS/m	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e CE	dS/m	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e CE	dS/m	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e CE	dS/m	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
TOXICIDADE				
Sódio (Na ⁺)	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por superfície	m.e/L	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão				
Cloro (Cl ⁻)				
Irrigação por superfície	m.e/L	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	m.e/L			
Boro (Bo)	m.e/L	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
MISCELÂNEA				
Nitrogênio (NO ₃ -N)	m.e/L	< 5,0	5,0 a 30,0	> 3,0
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)				
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO		< 5,0	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Amplitude normal de 6,5 a 8,4		

Fonte: Ayers e Westcot (1999)

3.4 Efeito da salinidade na planta

3.4.1 Efeito osmótico

O excesso de sais no solo provoca distúrbios fisiológicos na planta, devido ao aumento das forças de retenção de água no solo pelo efeito osmótico, causando uma série de efeitos deletérios. Souza et al. (2015) citam que o aumento da pressão osmótica, ao atingir níveis que impeçam a planta de absorver água do meio, origina a seca fisiológica, e consequentemente reduz a mobilidade de nutrientes através das membranas das raízes para o interior das células.

Em condição de cultivo sob estresse salino, as plantas apresentam redução em seu crescimento e produção em função do aumento da pressão osmótica em seu interior em função do excesso de sais solúveis no solo e do sódio trocável, onde a seca fisiológica e o efeito tóxico de íons específicos podem afetar o metabolismo das plantas, além de causar distúrbios fisiológicos e injúrias nas folhas (NOBRE et al., 2013).

O aumento de sais no solo limita a absorção de água pela planta. Entretanto, o nível de impacto que o estresse salino irá afetar as culturas depende diretamente da tolerância da planta à salinidade (DIAS et al., 2003). Além disso, tais impactos podem ser potencializados por fatores como o manejo de irrigação adotada, adubação, fatores climáticos e salinidade limiar das culturas.

Sob condições de cultivo em solo salino, mesmo havendo umidade adequada para suprir a demanda hídrica da cultura, os íons podem causar murchamento das folhas, deixando-as opacas e com pontas cinzas. Além disso, a salinidade provoca distúrbios fisiológicos e diminui o rendimento das culturas mais sensíveis (ZAHRA, MAHMOOD E RAZA, 2018).

Em solos com excesso de sais, o efeito osmótico dos sais solúveis na solução do solo faz com que ocorra um aumento nas forças de retenção de água, causando uma redução na capacidade da planta em absorver água, tendo em vista que as raízes das plantas conseguem retirar água do meio quando as forças de embebição de seus tecidos são maiores que as forças com que a água é retida na matriz do solo e a seca fisiológica ocorre quando as forças de sucção da planta são menores que a pressão osmótica. Condições onde a concentração salina é muito maior que a capacidade de tolerância da cultura pode dar origem ao fenômeno provocado pelo movimento osmótico da água, chamado de plasmólise, processo no qual planta perde água para o meio ao invés de absorver e que ocorre quando uma solução com elevada salinidade entra em contato com a célula vegetal. Em condições menos severas de salinidade e com culturas mais tolerantes é comum a tendência de haver um ajuste osmótico (DIAS et al., 2016).

A redução do potencial osmótico varia em função da concentração de NaCl em alguns solos, pois quando em excesso, ocorre perda de rendimento nas culturas, decorrente da inibição do crescimento e da produção. O efeito osmótico provoca retardamento da expansão celular, afeta a divisão das células e causa efeitos negativos na taxa fotossintética, além de prejudicar processos fisiológicos e bioquímicos nas culturas (GOMES et al., 2011; NUNES et al., 2012). O balanço osmótico é responsável por controlar os processos de divisão celular e expansão da parede celular, sendo esse processo de suma importância para crescimento das plantas cultivadas em condições salinas. Quando ocorrem distúrbios nesse balanço, devido a um maior uso da energia para a succionar a água do solo, uma série de efeitos deletérios são provocados na planta, tal como perda de turgescência, atrofia e diminuição no crescimento (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Segundo Coelho et al. (2014), o estudo do potencial osmótico das plantas é importante tendo em vista que em ambientes salinos, essa variável é a principal componente do potencial hídrico. A condutividade elétrica da água e do solo é um parâmetro que tem sido empregado para avaliar a salinidade no meio por ser um método de determinação rápido e fácil. Contudo, a avaliação do potencial osmótico indica melhor interpretação das respostas da planta ao estresse salino, podendo-se notar uma diferenciação entre os efeitos tóxicos e osmóticos causados nas culturas pela salinidade

Loutfy et al. (2012) citam que o estresse osmótico acarreta em uma redução na produção de biomassa das plantas. Como mecanismo de resistência ao estresse abiótico, seja por déficit hídrico ou excesso de sais na solução do solo, algumas plantas conseguem reduzir o potencial total de água e o potencial osmótico (MA et al., 2011).

As plantas halófitas lidam com o estresse salino de forma mais eficiente em virtude do ajuste osmótico realizado via acúmulo de osmólitos orgânicos (prolina e glicina betaína), fazendo com que a planta mantenha o potencial osmótico intracelular em níveis mais baixos, deixando o gradiente favorável para a absorção de água pelas raízes. Entretanto, as plantas sensíveis ao estresse salino não conseguem realizar as reações de fotossíntese, biossíntese de ATP, aminoácidos e proteínas, acarretando em um decréscimo de turgor e não realiza o ajuste osmótico (KOSOVÁ et al., 2013).

3.4.2 Efeito tóxico

A toxicidade diz respeito aos danos causados nas culturas em decorrência do acúmulo de elementos tóxicos em concentrações suficientemente altas nos tecidos vegetais, tais

elementos são advindos da água de irrigação e/ou do solo, sendo absorvidos pelas plantas. (SILVA et al., 2011).

As culturas reagem de distintas formas a presença de determinados íons em excesso na água de irrigação, dependendo do nível de tolerância entre as espécies. Quando em condições de baixa tolerância ao efeito tóxico dos íons, é originada a chamada fitotoxicidade, que ocorre quando os processos fisiológicos são afetados pela toxicidade de alguns elementos e causam desequilíbrio nutricional na planta. O efeito tóxico dos íons surge quando acontece um acúmulo desses elementos no solo, sendo acumulados no tecido vegetal da planta ao ponto de provocar perdas no rendimento (DIAS et al., 2016).

De acordo com Munns (2002), os principais elementos que causam efeitos tóxicos nas culturas são sódio, cloro e boro. Dentro desses elementos, a toxidade mais frequente é devido ao excesso de íons cloreto no solo, seguido, respectivamente, pelo sódio e boro, embora é evidenciado que os danos provocados pelos íons sódio e cloreto são mais presentes em solos salinos (AYERS; WESTCOT, 1999). O sódio acumulado em excesso na paredes celulares ocasionam desequilíbrio osmótico na planta, provocando a morte celular. Plantas menos tolerantes à salinidade podem ser afetadas com menores concentrações desses elementos tóxicos no solo.

Sais à base de íons de sódio tendem a causar maior toxicidade nas plantas, pois os íons Na^+ apresentam dificuldades em serem removidos nos vacúolos das células, onde o excesso de sais no solo desencadeiam uma série de efeitos deletérios no sistema solo-planta, sendo responsáveis pela redução na absorção de água, ocorrendo um aumento na pressão osmótica. O estresse hídrico e salino condicionam a seca fisiológica e a toxicidade iônica, que afeta no rendimento das culturas (ZAHRA, MAHMOOD E RAZA, 2018).

Ismail e Horie (2017) cita que o estresse salino impacta todos os processos metabólicos e fisiológicos das culturas, onde estresses hiperiônicos e hiperosmóticos ocorrem em função da concentração de sais, podendo levar à morte da planta. O excesso de sais causa um desbalanceamento osmótico no interior das células, seguido pelo efeito tóxico de íons específicos, causando danos ao citoplasma. Os sintomas visíveis da toxidez iônica ocorrem na bordadura, pela perda de água por transpiração, e no ápice das folhas mais velhas (DIAS et al., 2016).

A fotossíntese e a síntese de proteínas são outros fatores que sofrem inibição devido ao acúmulo de íons tóxicos, além disso, ocorre também a inativação de enzimas e danos nos cloroplastos, sendo esse efeito sintomático em folhas mais velhas por acumularem os íons por um período mais longo e realizarem a transpiração (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017).

Via de regra, as fruteiras por serem culturas perenes apresentam mais sensibilidade ao efeito tóxico dos íons sódio, cloro e boro se comparadas com culturas de ciclo curto (BERNARDO et al., 2006; SILVA et al., 2011).

Dias et al. (2016) definem que os sintomas da toxicidade variam de acordo com o íon específico e com a tolerância da cultura ao estresse salino:

- Os sintomas do sódio aparecem através de queimaduras ou necrose ao longo das bordas das folhas mais velhas, porém, quando há uma manutenção do problema, a necrose pode se espalhar até chegar ao centro das folhas;
- O íon cloreto causa queimaduras no tecido foliar, escurecimento, amarelamento e perda de folhas prematuramente;
- O boro, mesmo que encontrado usualmente em baixas concentrações no solo, pode provocar alguns efeitos tóxicos na planta, tais como manchas cloróticas ou tecido seco na ponta e borda das folhas.

O principal fator que resulta na toxicidade iônica nas plantas é devido as substituições entre íons potássio e sódio nas reações bioquímicas e alterações induzidas por sódio e cloreto nas proteínas. O K^+ apresenta importante ação para várias enzimas, onde o íon atua como cofator, e em altas concentrações, o potássio participa da ligação do tRNA aos ribossomos. Outro aspecto a ser considerado é que as razões K^+/Na^+ e Ca^{2+}/Na^+ tendem a apresentar alterações que implica na avaliação/observação de toxicidade na planta, pois o aumento nos teores de sódio nos tecidos foliares afeta a movimentação da parede celular, composta por íons de cálcio, e processos como: abertura estomática, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas dependem diretamente da concentração de K^+ no interior da planta. (APSE; BLUMWALD, 2007; SILVA, 2020).

A avaliação prévia da qualidade da água de irrigação no tocante aos íons tóxicos para as culturas é uma ferramenta necessária para a adoção de práticas de manejo adequado para o sistema água, solo e planta, pois esses elementos afetam diversos processos fisiológicos da planta, impedindo o rendimento satisfatório (MELO, 2014). Condições de plantio em regiões que enfrentam períodos prolongados de estiagem, há um aumento na concentração salina no solo em decorrência da não lixiviação dos íons, potencializando o efeito osmótico e a toxicidade de íons específicos (AHMED et al., 2013).

3.5 Efeito dos sais no solo

A classificação de um solo como salino se dá a partir de sua condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e da sua porcentagem de sódio trocável (PST), onde Munns (2005)

destaca que solos com CEes superior a 4 dS m^{-1} (cerca de 40 mM NaCl) a 25 °C e uma PST de 15% se caracteriza como um solo salino. Nessa condição, muitas culturas agrícolas apresentam redução de rendimento pela elevada CE do solo.

A qualidade estrutural do solo pode ser degradada em função do incremento de sais, principalmente altas concentrações de sódio, fazendo com que ocorra uma perda da qualidade, além de dispersão e desbalanço químico do solo, afetando a disponibilidade de outros elementos para absorção da cultura, interferindo de forma indireta em seu crescimento (DIAS et al., 2003; SILVA, 2020). Dentre os principais impactos da salinidade estão: diminuição de produtividade agrícola, perdas econômicas e erosão do solo (SHRIVASTAVA; KUMAR; 2014).

Alta concentração de sais na zona radicular causa efeito adverso no crescimento da planta devido a redução da permeabilidade das raízes, impedindo que as mesmas busquem água em camadas mais profundas, gerando assim um estresse hídrico, o que resulta em fechamento dos estômatos e diminuição da taxa fotossintética, gerando perda de rendimento para a cultura (TÁVORA et al., 2005; PEDROTTI et al., 2015).

Concentrações elevadas de sódio trocável no solo podem causar efeitos indiretos sobre as plantas e afetar a qualidade estrutural do solo e provocar a perda do espaço poroso em função da dispersão das argilas e o entupimento dos poros. Esse processo irá diminuir a entrada de água no perfil do solo, além de afetar a penetração das raízes e diminuir o volume de solo explorado para a absorção de água (DIAS et al., 2016).

3.6 Tolerância das plantas ao estresse salino

As culturas apresentam respostas variáveis para o efeito negativo do excesso de sais no solo, onde algumas são mais tolerantes e conseguem retirar água mesmo em condições adversas, já outras apresentam maiores perdas de crescimento em função do estresse hídrico provocado pela salinidade. Tais respostas para o estresse abiótico condicionam as plantas a apresentarem diferentes limites toleráveis de salinidade que causem nenhuma ou pouca redução em seu rendimento potencial (DIAS et al., 2016). De acordo com Rhoades et al. (2000), a tolerância à salinidade nas plantas varia em função do tipo de sal, o manejo de irrigação e as condições climáticas do local.

Três critérios são adotados para avaliar a tolerância das culturas à salinidade, são eles: a) capacidade das plantas sobreviver em solo salino; b) rendimento da planta em meio salino, indicando a produção satisfatória e c) produção relativa, que avalia o decréscimo potencial de produtividade, ou seja, a perda de rendimento em função da salinidade. A classificação das

espécies com base na tolerância ao estresse salino apresentou progresso nas últimas décadas, porém, tal variabilidade de tolerância pode ocorrer devido ao genótipo, solo, manejo adotado e condições climáticas (RICHARDS, 1954).

A salinidade limiar pode ser definida como o nível máximo de salinidade média na zona radicular que a planta consegue tolerar sem que ocorra uma perda em seu desenvolvimento e sua produção não é reduzida. Esse nível de salinidade diz respeito à condutividade elétrica no extrato de saturação do solo onde o rendimento potencial das culturas é de 100% (MAAS; HOFFMAN, 1977). Maas (1985) classifica as culturas de acordo com sua tolerância relativas em relação a sua Salinidade Limiar (SL), onde a cultura é: sensível quando a SL menor que 1,3 dS m⁻¹; moderadamente sensível com SL entre 1,3 a 3,0 dS m⁻¹; moderadamente tolerante com SL entre 3,0 a 6,0 dS m⁻¹; tolerante com SL entre 6,0 a 10 dS m⁻¹ e não adequados para a maioria das culturas quando a SL for superior a 10 dS m⁻¹.

3.6.1 Mecanismos de tolerância

As plantas desenvolvem mecanismos de tolerância para mitigar o efeito negativo do estresse salino em seus processos metabólicos e fisiológicos. Os principais mecanismos fisiológicos que condicionam a melhor adaptabilidade da planta em ambientes com alta salinidade são: regulação da concentração, compartimentalização dos íons, produção de osmoprotetores, ativação de enzimas antioxidativas, adaptação estomática, além de mecanismos genéticas (HUSSAIN et al., 2015).

O NaCl por ser mais solúvel e estar na maioria dos solos salinos consegue ser excluído ou tolerado na planta através de mecanismos que permitem a aquisição de outros nutrientes que estão em menor concentração, tais como fosfato, potássio e nitrato (HANIN et al., 2016). A regulação do acúmulo de NaCl na planta se dá devido a expulsão do sal pelas raízes enquanto a água é absorvida. As plantas halófitas são capazes de manter esse processo de expelir o sal em ambientes mais salinizados se comparadas com as glicófitas (MUNNS, 2005).

A parte aérea da planta apresenta maior sensibilidade à salinidade que a zona radicular, por isso, como forma de diminuir a perda de água, as plantas sob estresse salino apresentam menos folhas expandidas, o que permite a conservação da umidade do solo, além de prevenir o acúmulo de sais nas folhas. Tal mecanismo inibitório pode estar envolvido com os sinais de longa distância, formados por hormônios (MUNNS; TESTER., 2008).

Os mecanismos de tolerância ao estresse salino podem ser divididos em três categorias, sendo: 1. Tolerância ao estresse osmótico; 2. Exclusão de Na⁺ das lâminas das folhas e 3.

Tolerância do tecido ao Na^+ e/ou Cl^- acumulado. O primeiro mecanismo ocorre devido a redução da expansão celular nas raízes e nas folhas jovens, provocando o fechamento estomático, já o segundo mecanismo ao expulsar o sódio pelas raízes garante que esse elemento não acumule em concentrações tóxicas no interior das folhas e o terceiro mecanismo indica a compartimentalização das concentrações de sódio e cloreto em níveis celulares e intracelulares que garantam diminuição dos teores desses elementos no citoplasma (MUNNS; TESTER, 2008). Dentro da célula a planta tende a evitar o acúmulo de sais no citosol, com o objetivo de diminuir a inibição que ocorre em algumas enzimas (MUNNS, 2005).

A planta busca se adaptar as mudanças no meio através de vias de transdução de sinal, que ativa os mecanismos de respostas da planta ao estresse salino envolvendo reações bioquímicas que transmitem esses sinais para as células (DIAS; BLANCO, 2010). O estresse salino provoca uma série de efeitos adversos no ciclo e diferenciação celular, pois a salinidade reduz a expressão e atividade das ciclinas e quinases dependentes de ciclinas, fazendo com que menos células se encontrem no meristema, causando diminuição do crescimento da planta (SHRIVASTAVA; KUMAR, 2015).

Quando ocorre a entrada de sal no sistema radicular, há uma ativação de sinais em série que gera tolerância iônica ao restringir o influxo de sódio na raiz, além de diminuir a translocação do elemento na fase líquida. Os mecanismos empregados pelas plantas são observados em grupos de glicófitas e halófitas, onde as plantas mais tolerantes apresentam maior robustez na aplicação das estratégias de controle da salinidade (AHMAD; MAATHUIS, 2014; HANIN et al., 2016).

Um receptor localizado na membrana plasmática é responsável por detectar o estresse e transmitir o sinal através de componentes intracelulares, como proteínas, lipídios, hormônios vegetais, espécies reativas de oxigênio (EROS), fosfato e Inositol. O estresse oxidativo ocorre devido a salinidade em função da geração das EROS e causando desequilíbrio iônico e osmótico (CHAPARZADEH et al., 2004; CHAWLA et al., 2013; ABDELGAWAD et al., 2016). A irregularidade na cadeia de transporte de elétrons e acúmulo de energia fotorreduzida são responsáveis por aumentar os níveis de EROS nos tecidos vegetais em condições de estresse salino (ABDELGAWAD et al., 2016), além de induzir a formação de EROS dentro das células vegetais, que em elevadas concentrações provoca danos oxidativos em lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (GILL; TUTEJA, 2010).

Chakraborty et al. (2016) verificaram que a tolerância à salinidade observada na *Brassica napus* ocorreu devido a presença de três mecanismos fisiológicos, sendo eles: 1. Maior capacidade de extrusão do sódio nas raízes em conjunto com o aumento da atividade de troca

entre Na^+/H^+ (uma proteína antiporte responsável pela exclusão de sódio do vacúolo para o meio externo); 2. Melhor capacidade de retenção de potássio nas raízes devido a ativação induzida por estresse da H^+ -ATPase, além da capacidade de manutenção do potencial negativo na membrana, e por fim; 3. A cultura apresentou sensibilidade reduzida de EROS nos canais permeáveis de K^+ na raiz.

Um mecanismo alternativo pode ser a aplicação de fertilizantes em níveis acima da dose recomendada pode mitigar o efeito negativo da salinidade e induzir nas plantas uma maior tolerância, possibilitando maior absorção de nutrientes e provocando um aumento nas relações K^+/Na^+ , $\text{Ca}_2^+/\text{Na}^+$ e $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$, tendo em vista que plantas sensíveis à salinidade apresentam menores valores dessas razões (KAFKAFI, 1984). A aplicação de fertilizantes permite elevar a concentração de N e K nas folhas e diminua o efeito tóxico dos íons cloreto e sódio (ANDRADE JUNIOR et al., 2010).

O conhecimento da tolerância das plantas ao estresse salino e os mecanismos empregados para esse controle é de suma importância para a adoção de práticas adequadas no manejo e condução da cultura no campo.

3.6.2 Efeitos da salinidade na goiabeira

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos avaliando o efeito do estresse salino em diferentes genótipos de goiabeira, nas fases de produção de mudas, porta-enxertos e durante a fase de produção. Tais estudos mostram a ocorrência do efeito deletério da salinidade para o desenvolvimento e crescimento da cultura.

Bezerra et al. (2018a), analisando o efeito da salinidade da água de irrigação na produção e trocas gasosas da cultivar Paluma sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} e quatro doses de adubação nitrogenada, verificaram que níveis de salinidade da água de irrigação acima de 0,3 dS m^{-1} afetou negativamente a condutância estomática (apresentando redução relativa de 6,9% por unidade de CEa incrementada), taxa de assimilação e concentração interna de CO_2 , taxa de transpiração e eficiência instantânea do uso da água, além de influenciar negativamente as variáveis de produção, como número de frutos (redução de 1,2 frutos por unidade acrescida de CEa), peso médio, diâmetro polar e equatorial dos frutos. Em relação a aplicação de N no solo, foi concluído que o incremento na dose de N não atenuou o efeito adverso da salinidade da água de irrigação nas características avaliadas.

Sá et al. (2016) avaliaram a tolerância de porta-enxertos de goiaba em condição de estresse salino durante a fase inicial de desenvolvimento, onde a água de irrigação tinha níveis

de salinidade de 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹ e o material genético era composto por porta enxertos de cultivares Crioula, Paluma e Ogawa. Verificou-se que o aumento da salinidade afeta negativamente a germinação, o crescimento e acúmulo da fitomassa da goiaba, onde níveis de salinidade superiores a 1,8 dS m⁻¹ provocaram maiores danos, principalmente em relação ao número de folhas e a fitomassa seca total. A porcentagem de emergência com maior valor foi determinada ao nível de 1,33 dS m⁻¹. As cultivares Crioula, Paluma e Ogawa apresentaram, respectivamente 15,08, 16,46 e 21,25 dias para a emergência. Por ser mais tolerante sob condições de estresse salino, os autores indicam a cultivar Crioula como melhor porta-enxerto para as demais variedades.

Bezerra et al. (2018b) pesquisaram o efeito de cinco concentrações salinas na água de irrigação e quatro doses de adubação sob o crescimento de plantas enxertadas de goiabeira cv. Paluma, foi concluído que a CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ reduziu de forma significativa variáveis número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, galhos e brotos e fitomassa seca das folhas aos 90, 120 e 150 dias após o transplantio. O incremento de sais na água de irrigação provocou efeito adverso na área foliar, onde aos 90 e 120 dias após o transplantio, houve redução, respectivamente, de 15,18 e 15,09% por aumento unitário na CEa. Doses de N acima de 70% da recomendação para a cultura (378,7 mg de N dm⁻³) não apresentou efeitos positivos em relação ao estresse salino para a cultivar em estudo, ao contrário, pois o aumento de doses de N afetou negativamente as taxas de crescimento relativo e absoluto no diâmetro do caule.

Cavalcante et al. (2010) desenvolveram um experimento para analisar os efeitos de cinco níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹) e do esterco bovino líquido durante a fase de produção de mudas de goiabeira cv. Paluma. Verificara que o aumento da salinidade da água de irrigação provocou um decréscimo no crescimento da planta, diâmetro caulinar, área foliar, crescimento de raízes e produção de biomassa, sendo esses efeitos negativos menos intensos em plantas com a presença de esterco bovino líquido.

Silva et al. (2017), estudando o efeito da interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada no teor de pigmentos fotossintéticos e nas características morfofisiológicas de mudas de goiabeira cv. Paluma. Foram utilizados cinco níveis de CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹ e quatro doses de nitrogênio (541,1; 773,0; 1004,9 e 1236,8 mg de N dm⁻³ de solo). Concluiu-se que os teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas das mudas de goiabeira sofreram inibição em função do aumento da concentração elétrica na água de irrigação aos 190 dias após a emergência. Salinidades inferiores à 1,2 dS m⁻¹ obtiveram diminuição no estresse salino com aplicação de 1004, 9 mg de N dm⁻³, havendo incremento nos teores de Clorofila a nessas condições. Já o conteúdo de Clorofila b foi afetado negativamente

pelo aumento da salinidade da água de irrigação, apresentando uma perda de 11,53% por aumento unitário na CEa. Características morfofisiológicas não foram afetadas quando a salinidade na água de irrigação foi inferior a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$

Singh et al. (2018), estudaram o efeito da irrigação com águas de diferentes salinidades nas características fisiológicas, relações iônicas foliares e no crescimento da goiabeira cv. Allahabad Safeda. Foram aplicadas águas com salinidade de 2,8; 4,0 e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com coleta de dados 120 dias após o início da aplicação de água salina. Aos 60 dias apareceram os sintomas de amarelecimento da folha, queimadura marginal e clorose nos tratamentos com maiores níveis de salinidade. Com o incremento de sais na água de irrigação, constatou-se que houve diminuição na emergência de galhos e ramos e a irrigação com água de 6 dS m^{-1} provocou reduções substanciais na fotossíntese líquida (entre 37 e 45%), eficiência fotoquímica (entre 11 e 21%) e aumento nos níveis de prolina, sódio e cloreto nas folhas.

Souza et al. (2017) avaliaram parâmetros de crescimento, produção de fitomassa e qualidade de porta-enxertos da cultivar Crioula em condições de irrigação com águas de diferentes salinidades e adubação nitrogenada, com cinco níveis de salinidade (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro doses de nitrogênio (70, 100, 130 e 160% de N da dose recomendada para cultivo de mudas de goiabeira, onde a dose recomendada foi de $773 \text{ mg de N dm}^{-3}$). As taxas de crescimento absoluto do diâmetro do caula, fitomassa seca da parte aérea, relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson foram afetadas negativamente quando a água de irrigação apresentava CEa superior a $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. A taxa de crescimento absoluto apresentou redução de 5,48% com o aumento unitário na CEa.

Abrantes et al. (2017), avaliando o efeito da interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada para a formação de mudas enxertadas de goiabeira cv. Paluma, utilizando como porta-enxerto a cultivar Crioula, constataram que doses de $386 \text{ mg de N dm}^{-3}$ induziu efeito positivo para a formação de mudas enxertadas de goiabeira, onde a água de irrigação com até $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ condicionaram redução aceitável de 10% no crescimento das plantas. Para índices de área foliar, observou-se que o aumento da salinidade da água de irrigação provocou decréscimo linear de 6,23% aos 80 dias após emergência e 7,37% aos 100 dias após a emergência por incremento unitário da CEa. Para fitomassa fresca e seca da parte aérea, o decréscimo por incremento unitário da CEa aos 100 dias após emergência foi de 33,83% e 28,32%, respectivamente e na fitomassa seca total houve redução de 6,98% por incremento unitário da CEa aos 100 dias após emergência.

3.7 Adubação nitrogenada e potássica no cultivo da goiabeira

O nitrogênio (N) pode ser absorvido através do sistema radicular das plantas superiores nas formas nítrica, amoniacal, amídica e gasosa, sendo a primeira forma a mais comum de acontecer em condições naturais (MALAVOLTA; MORAES, 2007). Dentre os nutrientes das plantas, o elemento que apresenta as recomendações e formas de manejo mais complexas é o N, pois há ocorrência de diversas reações químicas e biológicas que serão afetadas também em função das condições edafoclimáticas (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

O nitrogênio é um elemento que desempenha papel fundamental nos processos fisiológicos da cultura, sendo responsável pelo crescimento da planta. Sua utilização via adubação nitrogenada permite um incremento em produtividade, indicando que o N está presente nas funções metabólicas da planta, formando compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas, clorofila e ácidos nucleicos (TAIZ; ZAIGER, 2013).

As raízes das plantas conseguem absorver o potássio na forma iônica K^+ pelas raízes. Esse nutriente desempenha diversas funções na planta, dentre elas pode-se destacar o controle da turgidez celular, ativação das enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação dos processos de abertura e fechamento dos estômatos, transpiração, transporte de carboidratos e resistência aos estresses abióticos, como geadas, secas e salinidade (FAQUIN, 2005; MARSCHNER, 2011). Além de ser o cátion mais abundante nas células vegetais, o K^+ é o nutriente que participa da homeostase iônica e de pH, ajudando a adequar o potencial osmótico na membrana (AHMAD; MAATHIUS, 2014).

Sob condições de estresse salino, a entrada de sódio no interior da planta acarreta em uma diminuição da razão K/Na, sendo afetada ainda mais quando ocorre a perda de K^+ induzida pela salinidade (CHEN et al., 2007). A capacidade da planta em reter o potássio nos seus tecidos é uma característica importante no tocante a tolerância da cultura ao estresse salino (WU et al., 2018).

Desta forma, segundo Andrade Junior et al. (2010), a aplicação em doses crescentes de adubação nitrogenada e potássica a uma determinada cultura explorada sob condição de salinidade da água e/ou do solo, pode elevar a concentração de N e K nas folhas, fazendo com que ocorra uma redução na relação Cl^-/NO_3^- e Na^+/K^+ e provocando novamente um equilíbrio nutricional na planta, diminuindo o efeito tóxico dos íons cloreto e sódio. Sendo assim, em regiões com baixa pluviosidade, o manejo da adubação é um importante fator para abrandar e efeito da elevação da salinização do solo.

Por desempenhar papel vital nos aspectos metabólicos das plantas, estando envolvido na atividade de cerca de 46 enzimas, o suprimento de K tem estreita relação com o metabolismo de N, interagindo nas atividades enzimáticas entre raiz e parte aérea (dependendo do tipo da planta, fornecimento de nitrato e luminosidade), onde o aumento no armazenamento de NO_3^- na parte aérea está diretamente ligada com a oferta de K para a planta, bem como em deficiência o K pode inibir a translocação de NO_3^- e diminuir a assimilação de N pelas raízes.

Se faz importante o estudo para avaliar o comportamento de culturas submetidas à interação, estresse salino e combinação de adubação com N e K em regiões semiáridas do nordeste brasileiro. Como discutido, por se tratar de uma região com predominância de reservatórios de água de elevada condutividade elétrica do ponto de vista da salinidade, que muitas vezes se tornam a única fonte de água disponível para o agricultor, o cultivo da goiabeira em condição de estresse salino associado ao manejo de adubação nitrogenada e potássica pode ser uma alternativa para mitigar o efeito da água salina no rendimento da cultura, podendo gerar uma melhora no aspecto socioeconômico para os produtores da região.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA GERAL

1 METODOLOGIA GERAL

1.1 Local do experimento

O presente estudo foi desenvolvido no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2020, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, campus Caraúbas, situado na Mesorregião do oeste potiguar. O clima da região é classificado de acordo com Koppen como BSh, semiárido quente (ALVARES et al., 2013). Geograficamente, apresenta área de 1.132,86 km², com densidade 18,045 hab./km² e uma população estimada de 20.443 habitantes (IBGE, 2019), e tem clima quente e semiárido, com máxima de 32°C, com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m.

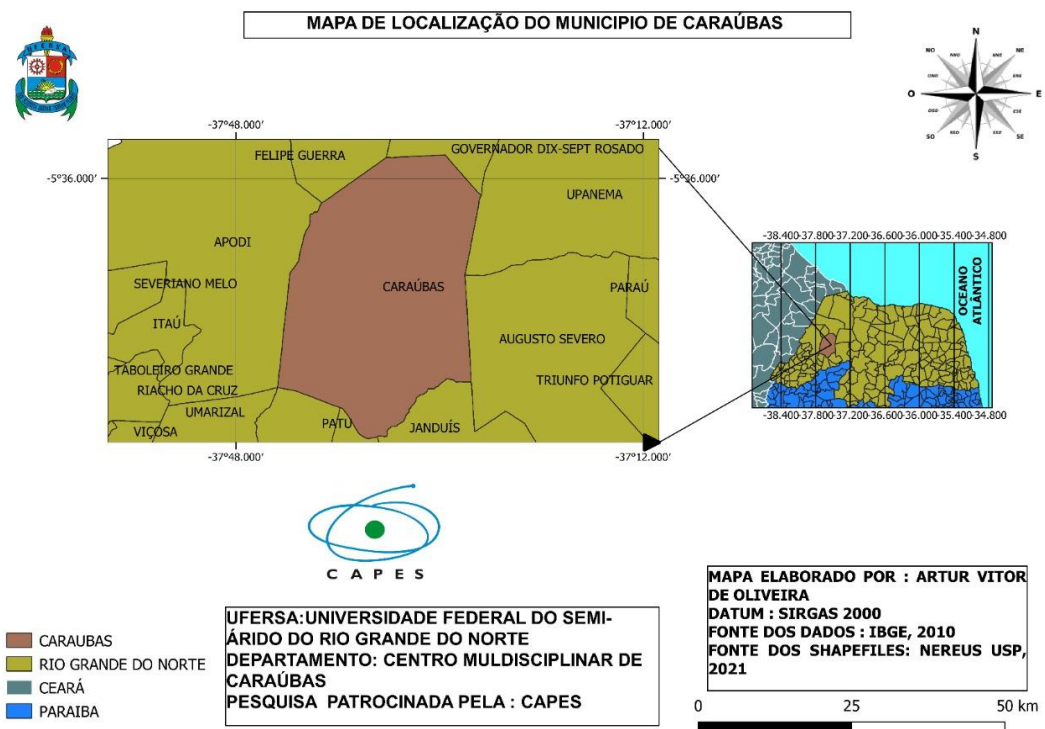


Figura 1. Mapa de localização do município de Caraúbas, RN.

Fonte: Oliveira (2021)

Os meses de fevereiro a maio apresentam maiores precipitações pluviométricas no município, caracterizando o regime chuvoso com intensa irregularidade espacial e temporal. A umidade relativa anual é de 66%, temperatura máxima de 36,0°C, média: 27,7°C e mínima: 21,0 °C. Considerando um intervalo de 40 anos, de 1974 a 2014 a média do total anual de precipitação pluviométrica é de 645,42 mm/ano (EMPARN, 2016).

Os dados climatológicos foram coletados durante o período de estudo da estação meteorológica automática (EMA) localizada na UFERSA, campus Caraúbas, em área próxima ao local da montagem do experimento (UFERSA, 2022).

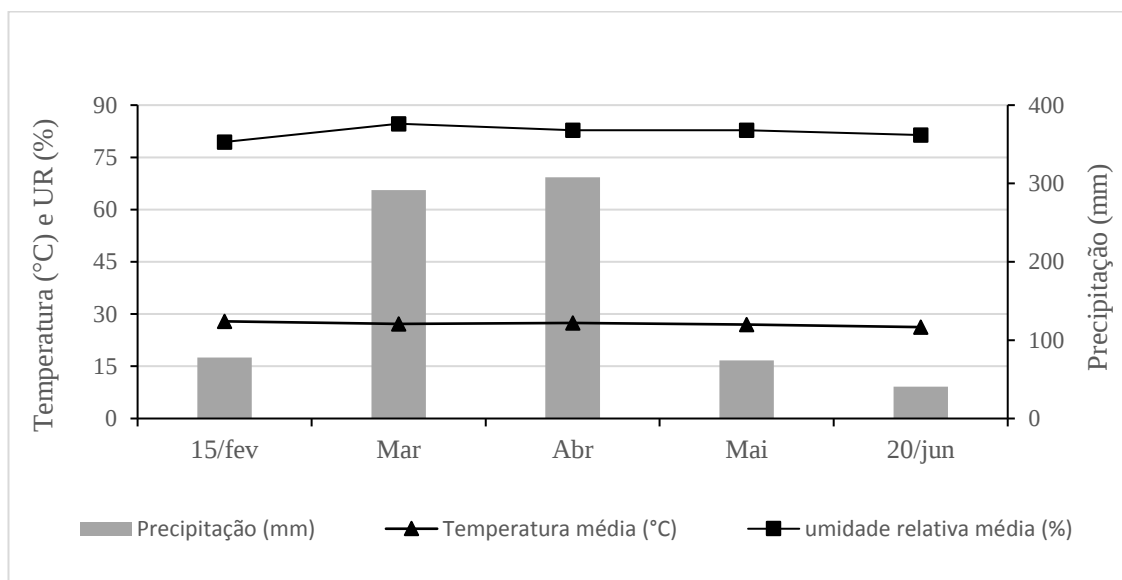


Figura 2. Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN (UFERSA, 2022).

1.2 Delineamento experimental, tratamentos e cultura a ser estudada

A pesquisa foi constituída de dois experimentos realizados em delineamento em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação, com condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo: C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O onde a pesquisa foi constituída de dois experimentos conduzidos de forma simultânea: O experimento I estudou a cultivar Paluma e o experimento II avaliou o genótipo Crioulo. Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições, onde cada parcela foi constituída por duas plantas.

A recomendação de adubação potássica foi adotada de acordo com Bonifácio et al. (2018), de 798,6 mg de K dm⁻³ de solo, e de 541,1 mg de N dm⁻³ de solo (SOUZA et al., 2017), sendo equivalente às doses com 100% de nitrogênio e potássio, assim, os tratamentos corresponderam as dosagens de N e K, respectivamente (em mg de N e K dm⁻³ de solo) a 378,8

e 399,3; 541,1 e 598,9; 703,4 e 798,6; 865,8 e 998,25. Foram empregados como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de potássio

Os referidos níveis salinos foram selecionados em base de trabalhos que indicam que a goiabeira é considerada moderadamente sensível a salinidade da água de irrigação onde, usando águas de salinidade acima de 1,5 dS m⁻¹ ocorre decréscimo no crescimento, desenvolvimento e produção (FREIRE et al., 2014; SOUZA et al., 2017; BEZERRA et al., 2018). O estudo envolvendo a interação entre níveis de salinidade na água de irrigação com as diferentes combinações de doses de adubação nitrogenada e potássica se devem ao fato de a adubação poder atenuar o efeito do estresse salino.

As águas de irrigação dos tratamentos de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹ foram preparadas a partir da adição de de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, introduzidas na água do sistema de abastecimento da companhia local, com uma proporção de sal igual a 7:2:1, respectivamente, seguindo a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = CE × 10) proposta por Richards (1954). Tal proporção de sais foi adotada seguindo a condição predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação na região nordestina (MEDEIROS, 1992).

Foram estudados os genótipos “Crioula” e a cv. Paluma para a produção de mudas de goiabeira, sendo que o primeiro material genético é considerado um material vegetal rústico, adaptado as condições de clima e solo do semiárido nordestino, sendo bastante utilizado na produção de porta-enxerto em viveiros de produção de muda nesta região (CAVALCANTE et al., 2005). Logo a cultivar Paluma, trata-se de um genótipo vigoroso, de fácil propagação, com boa tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.) (Manica et al., 2001), sendo o mais cultivado no Brasil (DIAS et al., 2012) devido a qualidade dos frutos e produtividade.

1.3 Condução do experimento, adubação foliar e fosfatada

O semeio foi realizado em sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, sendo preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, conforme a seguinte proporção 2:2:2:1. As sacolas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo. A drenagem do excedente de água foi feita através de furos na base das sacolas e em cada uma foram semeadas três sementes a 1,0 cm de profundidade. O desbaste foi realizado após a estabilização da emergência e quando

as plantas estiverem com dois pares de folhas definitivas, deixando na sacola apenas a planta, a que apresentou maior crescimento.



Figura 3. Preenchimento das sacolas de mudas (A e B), semeadura (C) e mudas após a emergência (D)

Seguindo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017) no início do experimento foram analisadas as características químicas e físico-hídricas do substrato e do material do solo, onde os atributos físicos e químicos do material utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira. UFERSA, 2021.

	Areia		Silte	Argila		Classificação textural		CE dS m ⁻¹	pH H ₂ O	M.O		
	-----%-----									g kg ⁻¹		
	44,7	41,1	14,3	Franca		0,68	6,03	37				
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%-----		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

Durante o período experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 30 dias após o semeio (DAS), as plantas foram irrigadas com água (abastecimento local) de CEa de 0,3 dS m⁻¹ e, após esse período, foram irrigadas com água

conforme os respectivos tratamentos. O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo de lisimetria de drenagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo.

Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal. Também foi realizado adubações foliares (N - 10%, P_2O_5 - 52%, K_2O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) realizada aos 45 DAS e a cada 60 dias em uma proporção de 1g de adubo para 1 L de água que foram aplicados através de um pulverizador costal, distribuindo 5 L nas plantas. Para mitigar os prejuízos causados pelas pragas e doenças, o controle fitossanitário foi preventivo e/ou curativo a observar a condução do experimento. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas com a execução de arranquia nas sacolas sempre que foi necessário.

A adubação fosfatada seguiu recomendação de Corrêa et al. (2003), incorporando 100 mg de $P\ dm^{-3}$ de solo, tendo como fonte o superfosfato simples.

1.4 Variáveis analisadas

1.4.1 Avaliações de crescimento

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 125 DAS através do número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF). Para a realização da contagem do número de folhas foram mensuradas apenas as que apresentam o limbo foliar completamente aberto. O diâmetro do caule foi determinado através de um paquímetro digital, a 3 cm do colo das plantas e a altura de planta medindo-se a distância entre o colo e o ponto de inserção do meristema apical, utilizando-se de trena graduada em milímetros.

Também foi mensurado a taxa de crescimento relativo e absoluto em altura de plantas e diâmetro do caule no intervalo de 85 aos 125 DAS, conforme Benincasa (2003), como está descrito abaixo nas equações 1, 2, 3 e 4.

$$TCA_{ap} = \frac{(AP_2 - AP_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$TCA_{dc} = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

em que:

AP₁- Altura de planta no tempo t₁ ,cm;

AP₂- Altura de planta no tempo t₂, cm;

TCA_{ap} - Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas, cm dia⁻¹;

DC₁ - Diâmetro caulinar no tempo t₁ , mm;

DC₂ - Diâmetro caulinar no tempo t₂, mm;

TCA_{dc} - Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar, mm dia⁻¹.

$$TCR_{ap} = \frac{\ln AP_f - \ln AP_i}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

$$TCR_{Adc} = \frac{\ln DC_f - \ln DC_i}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

em que:

AP₁- Altura de planta no tempo t₁, cm cm⁻¹;

AP₂- Altura de planta no tempo t₂ , cm cm⁻¹;

TCA_{ap} - Taxa de crescimento relativo em altura de plantas, cm cm⁻¹ dia⁻¹;

DC₁ - Diâmetro caulinar no tempo t₁, mm m⁻¹;

DC₂ - Diâmetro caulinar no tempo t₂, mm mm¹;

TCAdc - Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar, mm mm⁻¹ dia⁻¹.

Ao término do experimento, as folhas e caules das plantas foram separadas das raízes (Figura 4) e colocadas em sacolas identificadas previamente para a obtenção da fitomassa seca em estufa com circulação de ar, a 65°C até que seu peso chegue a uma massa constante, onde foi determinado o acúmulo de fitomassa seca nas folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST) = FSF + FSC + FSR.

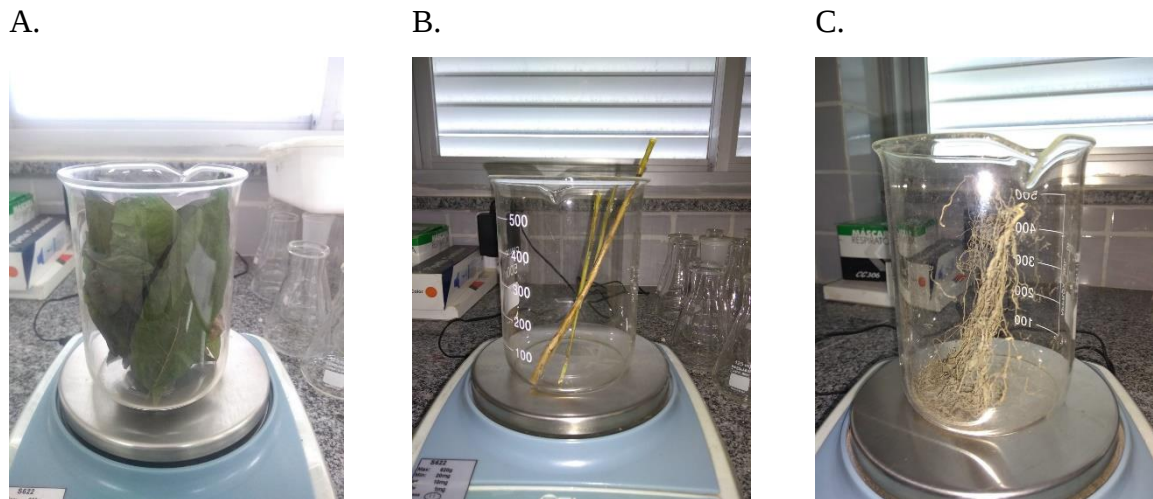


Figura 4. Pesagem das folhas (A), caule (B) e raiz (C) de plantas de goiabeira aos 125 DAS.

Para medição da área foliar, foi considerada a metodologia de Lima et al. (2012) utilizando a equação 5, onde:

$$AF = 0,3205 \times C^{2,0412} \quad (5)$$

Onde:

AF = área foliar (cm²);

C = comprimento da nervura central da folha (cm),

O valor final da área foliar total da planta foi indicado pela soma final das áreas por folha.

1.4.2 Avaliações fisiológicas

1.4.2.1 Trocas gasosas

As avaliações fisiológicas quanto as trocas gasosas foram realizadas aos 125 DAS, sendo realizadas medições de trocas gasosas foliares (taxa de assimilação de CO₂ - μmol CO₂

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, concentração interna de CO_2 - $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, condutância estomática - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência intrínseca no uso da água) a partir da utilização do analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro+” ADC BioScientific Ltda. A partir dos dados de fotossíntese e transpiração foi calculado a eficiência instantânea no uso da água – EiUA (A/E), assim como avaliou Bezerra et al. (2018). As medições foram realizadas na terceira folha madura do ápice, estando totalmente expandidas. Entre as 08:00 e 10:00 horas foi aferida a leitura (Figura 5), utilizando fonte de radiação artificial com intensidade de $1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em condições ambiente para temperatura e concentração de CO_2 .



Figura 5. Análise das trocas gasosas foliares com auxílio do equipamento IRGA, modelo LCPro+ ADC BioScientific Ltda aos 125 DAS.

1.4.2.2 Eficiência fotoquímica

A eficiência fotoquímica foi analisada aos 125 DAS, realizadas em conjunto com as análises de trocas gasosas, utilizando-se de um fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science, protocolo Fv/Fm, onde foram determinados a fluorescência inicial (F_o), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e Eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (Genty et al. 1989). Para a realização das medições foi necessário adaptar as folhas ao escuro por um período 30 minutos e ao amanhecer utilizando cliques do equipamento a fim de garantir que os centros de reação estivessem abertos no período da análise.

Seguindo a avaliação dos parâmetros fisiológicos pelo protocolo Yield, foi aplicado uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), para determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_{ms}), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do fotossistema II (Y). A partir desses resultados foram determinados a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), usando-se a equação 6 (OXBOROUGH; BAKER, 1997); coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake - qL (KRAMER et al., 2004), por meio da equação 7; rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada - Y_{NPQ} (KRAMER et al., 2004), (equação 8); e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada - Y_{NO} (KRAMER et al., 2004), (equação 9).

$$F_o' = F_o / [((F_m - F_o) / F_m + F_o / F_{ms})] \quad (6)$$

$$qL = \frac{(F_{ms} - F_s)}{(F_{ms} - F_o')} * \left(\frac{F_o'}{F_s} \right) \quad (7)$$

$$Y_{NPQ} = \frac{(F_s)}{(F_{ms})} - \left(\frac{F_s}{F_m} \right) \quad (8)$$

$$Y_{NO} = \left(\frac{F_s}{F_m} \right) \quad (9)$$

1.4.3 IQD

Para mensurar a qualidade das mudas foi utilizado o índice de qualidade de Dickson (IQD), proposto por Dickson et al. (1960), descrita pela Equação 10.

$$IQD = \frac{(FST)}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (10)$$

Onde:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

FST = fitomassa seca total de planta (g);

AP = altura de planta (cm);

DC = diâmetro do caule (cm);

FSPA = fitomassa seca da parte aérea de planta (g);

FSR = fitomassa seca da raiz de planta (g)

1.5 Análise estatística

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e estudos de regressão para os níveis de salinidade. As médias dos fatores qualitativos (combinação de adubação nitrogenada e potássica) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelgawad, H.; Zinta, G.; Hegab, M. M.; Pandey, R.; Asard, H.; Abuelsoud, W. High Salinity Induces Different Oxidative Stress and Antioxidant Responses in Maize Seedlings Organs. *Frontiers In Plant Science*, v. 7, p. 1-15, 2016.
- Abrantes, D. S.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Gomes, E. M.; Souza, N. dos S.; Sousa, F. F. de. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. *Revista Espacios*, v. 38, n. 31, p. 1-15, 2017.
- Ahmad, I., and Maathuis, F. Cellular and tissue distribution of potassium: physiological relevance, mechanisms and regulation. *J. Plant Physiol.* 171, p. 708–714, 2014.
- Almeida, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.
- Andrade Junior, A. S.; Silva, E. F. F.; Bastos, E. A.; Melo, F. B.; Leal, C. M. Uso da qualidade da água subterrânea para irrigação no Semiárido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.4, p.873-880, 2010.
- Apse, M.P.; Blumwald, E. Na⁺ transport in plants. *FEBS Letters*, v.581, n.12, p.2247- 2254, 2007.
- Ashraf, M.; Harris, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v.166, n.1, p.3-16, 2004.
- Ayers, R. S.; Westcot, D.W. Qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p
- Bastos, D. C.; Ribeiro, J. M.; Produção de mudas de goiabeira. Petrolina: EMBRAPA. 2011, 3p. (comunicado técnico, 148).
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- Bezerra, I. L.; Ghey, I. H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; AZEVEDO, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 5, p. 1945, 2018.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Ghey, I. H. R.; Souza, L. de P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 32-37, 2018.
- Boliani, A. C. Cultura da goiabeira. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, 2014. 13 p.

- Bonifacio, B. F.; Nobre., R. G.; S., A. Sousa.; G., E. M. Gomes; Sousa, Leandro de P.; S., E. M. Silva. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrária*, v. 41, n. 4, p. 971-980. 2018.
- Brar, M.S.; Singh, B; Bansal, S.K.; Srinivasrao S. K. Role of Potassium Nutrition in Nitrogen Use Efficiency in Cereals. *e-ific*. 29. p. 20-27. 2011
- Caldeira, M. V. W.; Peroni, L.; Gomes, D. R.; Trazzi, P. A.; Delarmelina, W. M. Diferentes proporções de bio-sólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.
- Calzavara, B.B.G., Goiabeira, recomendações básicas, Embrapa/CPATU, Belém, Brasil, 1989.
- Cantarella, H.; Duarte, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: Galvão, J.C.C.; Miranda, G.V., eds. *Tecnologia de produção de milho*, 2004. p.139-182.
- Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L.; Pereira, K S. N.; de Oliveira, F. A.; Gondim, S C.; de Araújo, F A. R. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 515-519, 2005.
- Cavalcante, L. F.; Vieira, M. da S.; Santos, A. F. dos; Oliveira, W. M. de; Nascimento, J. A. M. do. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 251-262, 2010.
- Chakraborty, K.; Bose, J.; Shabala, L.; Shabala, S. Difference in root K⁺-retention ability and reduced sensitivity of K⁺-permeable channels to reactive oxygen species confer differential salt tolerance in three Brassica species. *Journal Of Experimental Botany*, v. 67, n. 15, p. 4611-4625, 2016.
- Chaparzadeh N., D'amico M. L., Khavari-Nejad R. A., Izzo R., Navari-Izzo F. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiol. Biochem*, v. 42, p. 695–701. 2004.
- Chawla S., Jain S., Jain V. Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Biochem. Biotechnol.* v. 22, p. 27–34. 2013.
- Coelho, J. B. M.; Barros, M. de F. C.; Bezerra Neto, E.; Souza, E. R. de. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 7, p. 708-713, 2014.
- Corrêa, M. C. M.; Prado, R. M.; Natale, W.; Pereira, L.; Barbosa, J. C. Respostas de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.
- Coskun, D; Britto, D. T.; Kronzucker, H. J. The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. *Plant, Cell And Environment*, v. 40, p. 2029-2041, 2017

- Daliakopoulos, I.N., Tsanis, I.K., Koutroulis, A., Kourgialas, N.N., Varouchakis, A.E., Karatzas, G.P., Ritsema, C.J. The threat of soil salinity: a European scale review. *Science of The Total Environment*, v.573, p.727-739, 2016.
- Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F.; Souza, E. R.; Ferreira, J. F. S.; Sousa Neto, O. N.; Queiroz, I. S. R. Efeito dos sais nas plantas e tolerância das plantas à salinidade. In: GHEYI, R. H.; Dias, N. S.; Lacerda, C.F.; Gomes Filho, E. (Eds.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.151-162
- Dias, N. S.; Blanco, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F.. (Org.). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010, p. 133-144.
- Dias, N.S.; Gheyi, H.R.; Duarte, S.N. *Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. Série Didática, 13.
- Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Leon, M. J.; Freire, J. L. O.; Mesquita, F. O.; Santos, G. P.; Albuquerque, R. P. F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.3, p.644-651, 2011
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br/graficos?tipo=quantisAnoCorrente>. 15 Dez. 2020.
- Fachinello, J. C.; Nachtigal, J.C.; Hoffmann, A. Propagação por sementes. IN: Fachinello, J. C.; Hoffmann, A.; Nachtigal, J.C. (Ed.). *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2005. P. 57-67.
- Fan, X., Pedroli, B., Liu, G., Liu, Q., Liu, H., Shu, L. Soil salinity development in the yellow river delta in relation to groundwater dynamics. *L. Degrad. Dev.* v. 23, p. 175–189. 2012.
- FAO. Production quantities of Mangoes, mangosteens, guavas by country. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 08 mar. 2021
- FAO. Status of the World's Soil Resources. Roma: Food And Agriculture Organization Of The United Nations And Intergovernmental Technical Panel On Soils, 2015. 650 p.
- Faquin, V. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA /FAEPE, 2005. 186 p.
- Ferreira, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*. v.37, n.4, p.529-535, 2019.

- Franco, C. F.; Prado, R. M.; Brachirolli, L. F.; Rozane, D. E. Curva de crescimento e marcha de absorção de macronutrientes em mudas de goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.6, p.1429-1437, 2007.
- Franzon, R. C.; Carpenedo, S.; Silva, J. C. S. Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na produção de fruteiras. Planaltina: Embrapa, 2010. 54 p.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 990, p. 87-92, 1989.
- Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes F. E. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. 2. ed. Fortaleza: Inctsal, 2016.
- Gill S. S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* v. 48, p. 909–930. 2010
- Gomes, K. R.; Amorim, A. V.; Ferreira, F. J.; Filho, F. L.; Lacerda, C. F.; Gomes-Filho, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.365-370, 2011.
- Gondim, J.; Fioreze, A. P.; Alves, R. F. F.; Souza, W. G. A seca atual no Semiárido nordestino - Impactos sobre os recursos hídricos. *Revista Parcerias Estratégicas*, v.22, p.277-300, 2016.
- Gonzaga Neto, L. (Ed.). Goiaba: produção. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (Frutas do Brasil, 17).
- Gonzaga Neto, L.; Soares, J. M. Goiaba para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: Embrapa-SPI: FRUPEX, 1994. 49 p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 5)
- Gurgel, M. T.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Santos, F. J. S.; Nobre, R. G. Crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira irrigados com águas salinas. *Revista Caatinga*, v.20, n.2, p.24-31, 2007.
- Gurgel, M. T.; Uyeda, C. A.; Gheyi, H. R.; Oliveira, F. H. T. de; Fernandes, P. D.; Silva, F. V. da. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 3-10, jan. 2010.
- Hanin, M.; Ebel, C.; Ngom, M.; Laplaze, L.; Masmoudi, K. New Insights on Plant Salt Tolerance Mechanisms and Their Potential Use for Breeding. *Frontiers In Plant Science*, v. 7, p. 1-12, 29 nov. 2016.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C.; SÁ, F. V. da. S. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. Manejo

- da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. cap. 4, p.35-50.
- Hussain, T.; Koyro, H.; Huchzermeyer, B.; Khan, M. A. Eco-physiological adaptations of *Panicum antidotale* to hyperosmotic salinity: water and ion relations and anti-oxidant feedback. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology Of Plants*, [S.L.], v. 212, p. 30-37, 2015.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal: pam 2019. PAM 2019. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 26 mar. 2021
- IBGE. Produção Agrícola Municipal: pam 2020. PAM 2020. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 15 jan. 2022
- IGBE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=resultados>. 10 mar. 2021.
- Ismail, A. M.; Horie, T. Genomics, Physiology, and Molecular Breeding Approaches for Improving Salt Tolerance. *Annual Review Of Plant Biology*, v. 68, n. 1, p. 405-434, 28 abr. 2017.
- Jaiswal, U.; Jaiswal, V. S. *Psidium guajava* Guava. In: LITZ, R. E. (Ed). *Biotechnology of fruit and nuts crops*. Cambridge: CAB International, p. 394-401. 2005
- 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.
- Kaul, M. K.; Mehta, P. K.; Bakshi, R. K. Note on effect of different salts on seed germination of *Psidium guajava* L. cv. L 49 (Sardar). *Current Agriculture*, v.12, n.1- 2, p.83-85,1988.
- Kosová, K.; Pránil, I. T.; Vítámvás, P. Protein Contribution to Plant Salinity Response and Tolerance Acquisition. *International Journal Of Molecular Sciences*, v. 14, p. 6757-6789, 2013.
- Lima, L. G. S.; Andrade, A. C.; Silva, R. T. L.; Fronza, D.; Nishijima, T. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: 64ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. São Luiz: UFMA, 2012.
- Lima, G. S., Nobre, R. G., Gheyi, H.R., Soares, L. A. Da. A., Silva, A, O. D. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 05, p. 854-866. 2014
- Lima, M. A. C. de; Assis, J. S. de; Gonzaga Neto, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.273-276, 2002.
- Loutfy, N.; El-Tayeb, M. A.; Hassanen, A. M.; Moustafa, M. F. M.; Sakuma, Y.; Inouhe, M. Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic

- acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum*). *J. Plant Res.* 125:173– 184, 2012.
- Ma, Q.; Yue, L. J.; Zhang, J. L.; Wu, G. Q.; Bao, A. K.; Wang S. M. Sodium chloride improves photosynthesis and water status in the succulent xerophyte *Zygophyte xanthoxylum*. *Tree physiology.*, v 32, p 4- 13, 2011
- Maas, E. V. Crop tolerance to saline sprinkling water. *Plant and Soil*, n.89, p.273-284, 1985
- Maas, E. V.; Hoffman, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division.* v.103, p.115-134, 1977.
- Machado, R. M. A.; serralheiro, R. P. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticultura*, v.3, n.30, p.1-13, 2017.
- Malavolta E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p.
- Malavolta, E.; Moraes, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: Yamada, T.; Abdalla, S. R. S.; Vitti, G. C. (ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p.189-249
- Manica, I. Importância econômica. In: Manica, I.; Icuma, I. M.; Junqueira, N. T. V.; Salvador, J. A.; Moreira, A.; Malavolta, E. (Ed.). *Fruticultura tropical 6: goiaba*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. p. 9-22.
- Manica, I.; Icuma, I. M.; Junqueira, N. T. V.; Salvador, J. O.; Moreira, A.; Malavolta, E. *Goiaba: Do plantio ao consumidor: Tecnologia de produção, pós-colheita, comercialização*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 124, 2001
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. New York: Academic Press, 2011. 672p.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo ‘GAT’ nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- Medeiros, J. F. De; Lisboa, R. De A.; Oliveira, M. De; Silva Júnior, M. J. Da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental.* v.7, n.3. p.469-472, 2003
- Medina, J. C.; Castro, J. V. de; Sigrist, J. M. M.; Martin, Z. J. de; Kato, K.; Maia, M. L.; Garcia, J. L. M.; Leite, R. S. S. F. *Goiaba: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos*. 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 224 p.
- Melo, H. F. de. status hídrico em solo e *atriplex nummularia* lindl sob condições de estresses salino e hídrico. 2014. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

- Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Cabral, F. F. P.; Bacalhau, F. B.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. In: Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingenieria Agrícola, 10, 2012, Anais: SBEA, v.1, 2012.
- Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann Rev Plant Biol*, v. 59, p. 651–681. 2008.
- Munns, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v.167, p. 645–663, 2005
- Natale, W.; Rozane, D. E.; Prado, M. P. Diagnose foliar nas culturas da goiaba e carambola. In: Prado, R. M. (Ed.). *Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas*, 2012, cap. 15, 411-441.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Lourenço, G. S.; Soares, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.1, p.76-85, 2013.
- Nunes, J. C.; Cavalcante, L. F.; Lima Neto, A. J.; Rebequi, A. M.; Diniz, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.1152-1158, 2012.
- Oliveira, A. V. 2021. Mapa de localização do município de Caraúbas, RN. Fonte de dados: IBGE, 2010.
- Oliveira, F. T.; Hafle, O. M.; Mendonça, V.; Moreira, J. N; Pereira Junior, E. B.; Rolim, H. O. Respostas de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes fontes e proporções de materiais orgânicos. *Comunicata Scientiae*, v. 6, n.1, p. 17-25, 2015.
- Oliveira, M. C. de; Ogata, R. S.; Andrade, G. A. de; Santos, D. da S.; Souza, R. M.; Guimarães, T. G.; Silva Júnior, M. C. da; Pereira, D. J. de S.; Ribeiro, J. F. *Manual de viveiro e produção de mudas*. Brasília: Embrapa, 2016. 128 p.
- Oxborough, K.; Baker, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. *Plant, Cell and Environment*, v.20, p.1473-1483, 1997.
- Pedrotti, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. P. do N.; Lucas, A. A. T.; Santos, P. B. dos. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1308-1325, 2015.
- Pereira, F. M. *Cultura da goiabeira*. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. UNESP, FUNEP, 1995, 47p.
- Pereira, F. M.; Nachtigal, J. C. Melhoramento Genético da Goiaba. In *Anais III. Simpósio Brasileiro da Cultura da Goiaba*. v. 2. Jaboticabal: Unesp, p. 371- 398, 2009.
- Pereira, F. M.; Usman, M.; Mayer, N. A.; Nachtigal, J. C.; Maphanga, O. R. M.; Willemse, S. Advances in guava propagation. *Rev. Bras. Frutic*, v. 39, n. 4, p. 1-24, out. 2016.

- Pizarro, F. Riegos localizados de alte frecuencia (RLAF). Goteo, microaspersión y exudación. 3 ed. rev. y amp. Madrid: Mundi-Prensa. 1996. 513p.
- Rhoades, J. P.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. The use saline waters for crop production (Org). Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48)
- Rhoades, J.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Tradução de GHEYI, H. R., SOUSA, J. R. de, QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem 48).
- Ribeiro, M. R.; Ribeiro Filho, M. R.; Jacomine, P. K. T. Origem e classificação de solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. cap. 2, p.9- 16.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Risterucci, A. M.; Duval, M. F.; Rohde, W.; Billotte, N. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. Molecular Ecology Notes, Oxford, v. 5, p. 745-748, 2005.
- Sá, F. V. da S.; Nobre, R. G.; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Paiva, E. P. de; Oliveira, F. A. de. Tolerance of guava rootstocks under salt stress. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 12, p. 1072-1077, 2016.
- Sasso, S. A. Z. Propagação vegetativa de jabuticabeira. 2009, 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2009.
- Sentelhas, P. C.; Piza Junior, C. T.; Sigrusti, J. M. M.; Parodi, M. T. Temperatura letal de diferentes plantas frutíferas tropicais. Bragantia, v. 55, n. 2, p. 231-235, 1996.
- Shrivastava, P.; Kumar, R. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal Of Biological Sciences, v. 22, n. 2, p. 123-131, 2015.
- Silva, A. L.; Mendes, A. M. S.; Oliveira, A. R.; Paranhos, B. A. J; Santos, C. A. F.; Silva, D. J.; Bastos, D. C.; Batista, D. da C.; Barbosa, F. R.; Oliveira, J. E. de M. A cultura da goiaba. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2010. 186 p.
- Silva, E. M. da. Cultivo de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada e potássica. 2020. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.
- Silva, E. M. da; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Almeida, L. L. de Sá. Physiology of ‘Paluma’ guava under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. Semina: Ciências Agrárias, v. 38, n. 2, p. 623, 2017.

- Silva, Í. N.; Fontes, L. de O.; Tavella, L. B.; Oliveira, J. B. de; Oliveira, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 7, n. 3, p. 1-15, 2011.
- Singh, A.; Kumar, A.; Datta, A.; Yadav, R K. Evaluation of guava (*Psidium guajava*) and bael (*Aegle marmelos*) under shallow saline watertable conditions. *Indian Journal Of Agricultural Sciences*, v. 88, n. 5, p. 52-58. 2018
- Souza, R S; Vieira, C R; Weber, O L dos S; Scaramuzza, J F. Potencial da cerejeira na fitoextração de sais. *Revista Uniara*, v. 18, n. 1, p. 164-179, 2015
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Silva, E. M.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Production of guava rootstock grown with water of different salinities and doses of nitrogen. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 4, p. 1-9, 2017.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.
- Teixeira, A. H. de C.; Bassoi, L. H.; Reis, V. C. da S.; Silva, T. G. F.da; Ferreira, M. de N. L.; Maia, J. L. T. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 25, n. 3, p. 457-460, 2003.
- Teixeira, A. H. de C.; Gonzaga Neto, L.; Moura, M. S. B. de. Condições de clima e solo. In: Gonzaga Neto, L. (Ed.). *Goiaba: produção*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. p. 24-27.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, p. 574, 2017.
- Trnka, M., Kersebaum, K.C., Eitzinger, J., Hayes, M., Hlavinka, P., Svoboda, M., Dubrovský, M., Semerádová, D., Wardlow, B., Pokorný, E., Možný, M., Wilhite, D., Žalud, Z. Consequences of climate change for the soil climate in Central Europe and the central plains of the United States. *Clim. Chang.* 120, 405–418. 2013.
- UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido. <https://caraubas.ufersa.edu.br/estacao-meteorologica-caraubas>. 02 Set. 2021.
- Vital, M. F. *Fruticultura na área de atuação do BNB: produção e mercado*. Fortaleza: Caderno Setorial Etene, 2019. 11 p.
- Wu, H.; Zhang, X.; Giraldo, J. P.; Shabala, Sergey. It is not all about sodium: revealing tissue specificity and signalling roles of potassium in plant responses to salt stress. *Plant And Soil*, p. 1-17, 2018.
- Zahra, N.; Raza, Z. A.; Mahmood, S. Effect of Salinity Stress on Various Growth and Physiological Attributes of Two Contrasting Maize Genotypes. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, v. 63, p. 1-12, 2020.
- Zaman, M.; Shahid, S. A.; Heng, L. *Irrigation Water Quality. Guideline For Salinity Assessment, Mitigation And Adaptation Using Nuclear And Related Techniques*, p. 113-131, 2018. Springer International Publishing.

CAPÍTULO III
CRESCIMENTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE
SALINIDADES CRESCENTES E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA-POTÁSSICA

CRESCIMENTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO

A reduzida disponibilidade hídrica de baixa condutividade elétrica na região nordeste do Brasil tem intensificado o uso de águas com teores salinos elevados, entretanto, tal ação pode afetar a produção de mudas e a expansão das áreas irrigadas devido aos problemas decorrentes do estresse salino. Neste sentido, algumas ações vêm sendo estudada, visando atenuar os efeitos dos sais sobre as plantas, a exemplo do uso adubação mineral. Desta forma, objetivou-se com esse trabalho mensurar os efeitos da irrigação com águas de diferentes níveis de condutividade elétrica e combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre o crescimento de mudas de goiabeira cv. Paluma. O experimento foi conduzido em áreas experimentais da UFRSA, campus Caraúbas, instalado em delineamento em blocos casualizados e analisados no esquema fatorial 5×4 , com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação do fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} ; com o fator combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3= 130% N + 100% K_2O e C4= 160% N + 125% K_2O , sendo a dose recomendada de 100% de N e de K, respectivamente 541,1 mg de N dm^{-3} de solo e 798,6 mg de K dm^{-3} de solo. A irrigação com água de condutividade elétrica de até 2,1 dS m^{-1} favoreceu o crescimento de mudas de goiabeira cv. Paluma. As combinações de adubação C1 e C2 promoveram maior incremento nas variáveis de crescimento e fitomassas de mudas de goiabeira cv. Paluma aos 125 dias após o semeio. As combinações de adubação não mitigaram os efeitos nocivos do estresse salino da água de irrigação sobre a produção de mudas de goiabeira cv. Paluma.

Palavras-chave: *Psidium guajava* L. Estresse salino. Fertilizante

GROWTH OF GUAVA CV. PALUMA IRRIGATED WITH GROWING SALINITY WATER AND NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT

The reduced water availability of low electrical conductivity in the northeast region of Brazil has intensified the use of water with high saline contents, however, such action can affect the production of seedlings and the expansion of irrigated areas due to problems arising from saline stress. In this sense, some actions have been studied, aiming to attenuate the effects of salts on plants, such as the use of mineral fertilizers. Thus, the objective of this work was to measure the effects of irrigation with water of different levels of electrical conductivity and combinations of nitrogen and potassium fertilization on the growth of guava seedlings cv. Paluma. The experiment was carried out in experimental areas of UFRSA, Caraúbas campus, installed in a randomized block design and analyzed in a 5×4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of the irrigation water electrical conductivity factor (ECw) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m^{-1} ; with the factor combinations (C) of doses of nitrogen (N) and potassium (K_2O), where C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3= 130% N + 100% K_2O and C4= 160% N + 125% K_2O , with the recommended dose of 100% N and K, respectively $541.1 \text{ mg of N dm}^{-3}$ in soil and $798.6 \text{ mg of K dm}^{-3}$ of soil. Irrigation with water with an electrical conductivity of up to 2.1 dS m^{-1} favored the growth of guava seedlings cv. Paluma. The combinations of C1 and C2 fertilization promoted a greater increase in growth variables and phytomass of guava seedlings cv. Paluma at 125 days after sowing. The fertilization combinations did not mitigate the harmful effects of the saline stress of the irrigation water on the production of guava seedlings cv. Paluma.

Keywords: *Psidium guajava* L. Salt stress. Fertilizer

1 INTRODUÇÃO

A cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.) tem destaque no contexto da produção frutícola brasileira em virtude do seu alto valor nutricional, aroma e sabor agradável, podendo ser consumido *in natura* ou passar por processos industriais, além dos frutos possuírem elevada aceitação no mercado (OLIVEIRA et al., 2015).

Devido aos fatores positivos desta fruteira, a exploração mundial ocorre em vasta extensão territorial, sendo cultivada em praticamente todas as regiões do planeta. Dentre os países que mais se destacam na produção estão Índia, China, Indonésia e Brasil (FAO, 2019).

O cultivo na região torna a prática da irrigação, essencial para garantir a produção sustentável, devido apresentar alta taxa de evaporação, elevadas temperaturas e precipitação irregular. Outrossim, nesta região, boa parte dos reservatórios hídricos, ocorre a presença de água com elevadas concentrações de sais, decorrente das condições climáticas e geológicas locais, sendo necessário a irrigação dessas águas para a produção agrícola local (ANDRADE et al., 2019). Embora a qualidade da água não seja satisfatória, seu uso tem se tornado frequente na irrigação de diversas culturas, devido ao grande volume disponível e por ser muitas vezes a única fonte presente no local. Salienta-se que o uso dessas águas está condicionado à tolerância da cultura, manejo da irrigação e da adubação (LIMA et al., 2015).

A ampliação do uso de águas de qualidade inferior na produção agrícola está associada ao desenvolvimento de estratégias, como o manejo da adubação, almejando reduzir a deficiência nutricional causada pela salinidade do solo e/ou da água de irrigação. Alguns estudos indicam que a goiabeira é classificada como moderadamente sensível à salinidade, sofrendo redução em seu crescimento e rendimento quando irrigada com água com salinidade acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ (SILVA et al., 2017; BEZERRA et al., 2018). Segundo Alvarenga et al., (2019) a aplicação de doses adequadas de N e K pode favorecer a manutenção de baixas relações entre Na^+/K^+ e $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ nos tecidos vegetais, minimizando os efeitos deletérios do estresse salino. A aplicação adequada de doses de adubo em plantas de goiabeira durante a fase inicial de crescimento pode reduzir o efeito negativo da salinidade em processos fisiológicos e morfológicos das plantas (SOUZA et al., 2017; BONIFÁCIO et al., 2018; BEZERRA et al., 2018). A depender da cultura e da fonte de N, é possível observar forte relação entre os elementos, onde a absorção de N por algumas culturas pode ser afetada ao ponto que diminui a quantidade de K disponível no solo (BRAR et al., 2011).

As diferentes espécies de plantas necessitam de uma quantidade adequada de nutrientes para atender suas exigências nutricionais. Entretanto, a quantidade correta de adubação a ser

empregada no manejo deve suprir suas necessidades nutricionais, onde o excesso desta pode intensificar a salinidade no sistema radicular e levar a planta à condição de estresse salino, além de promover desequilíbrio e prejuízo ao metabolismo das plantas (MAIA et al., 2014).

Estes nutrientes são essenciais aos vegetais pois, o nitrogênio desempenha papel importante para mitigar os efeitos deletérios dos sais nas plantas, pois o N compõe aminoácidos, proteínas, prolina e auxilia na capacidade de ajustamento osmótico (SILVA et al, 2019). O potássio desempenha diversas funções na planta que atenuam o efeito da salinidade, como o controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação da abertura e fechamento dos estômatos, síntese proteica e redução da absorção excessiva de íons Na^+ (LIMA et al., 2021).

Nesse contexto, o objetivou-se com o trabalho mensurar os efeitos da irrigação com águas de diferentes níveis de condutividade elétrica e combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre o crescimento de mudas de goiabeira cv. Paluma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de fevereiro a junho de 2021 em ambiente telado no Centro Multidisciplinar de Caraúbas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas – RN, com coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude média de 144m.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5×4 , referentes a cinco níveis de condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} e quatro combinações (C) de adubação com nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo: C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3= 130% N + 100% K_2O e C4= 160% N + 125% K_2O . Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições e duas plantas por parcela. A recomendação de adubação potássica foi adotada conforme Bonifácio (2017), de 798,6 mg de $\text{K}_2\text{O dm}^{-3}$ de solo, e a de nitrogênio foi de 541,1 mg de N dm^{-3} de solo (SOUZA, 2016), sendo equivalente às doses com 100% de N e K_2O . Usou-se como fonte de N a ureia (45% de N) e como fonte de K_2O , o cloreto de potássio (60% K_2O).

Os referidos níveis salinos foram selecionados em base de trabalhos que indicam que a goiabeira é considerada moderadamente sensível a salinidade da água de irrigação onde, usando águas de salinidade acima de 1,5 dS m^{-1} ocorre decréscimo no crescimento, desenvolvimento e

produção (FREIRE et al., 2014; BEZERRA et al., 2018). As águas de irrigação dos distintos tratamentos foram preparadas a partir da adição de NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, até obtenção da CE desejada, mantendo-se, respectivamente, uma proporção de 7:2:1 entre os elementos, a qual foi considerada por Medeiros (1992) a proporção comumente encontrada nas águas da região Nordeste. Para o cálculo da CEa seguiu-se a relação entre CEa e concentração de sais ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) proposta por Richards. (1954).

Foi avaliada a cultivar de goiabeira Paluma, por trata-se de um genótipo vigoroso, de fácil propagação, com boa tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.) (MANICA et al., 2001), sendo a mais cultivado no Brasil devido a qualidade dos frutos e produtividade (DIAS et al., 2012).

Antes do semeio, as sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, foram preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, com proporção 2:2:2:1. Estas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo e, as mesmas possuíam furos na base para permitir a livre drenagem.

O semeio foi realizado usando três sementes por sacolas na profundidade de 1,0 cm e, quando as plântulas estavam com dois pares de folhas definitivas, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por sacola, a mais vigorosa.

Seguindo as metodologias propostas por Teixeira et al. (2017) no início do experimento foram analisadas as características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira cv. Paluma. UFERSA, 2021.

	Areia		Silte	Argila		Classificação textural		CE dS m ⁻¹	pH H ₂ O	M.O		
	-----%------									g kg ⁻¹		
	44,7		41,1		14,3		Franca	0,68	6,03		37	
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%------		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 mol L^{-1} pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; Al^{3+} e ($\text{H}^{++} \text{Al}^{3+}$) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

Durante o período experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 30 dias após o semeio (DAS), as plantas eram irrigadas com água de abastecimento local (CEa igual a 0,3 dS m⁻¹) e, após esse período, foram irrigadas com água conforme os respectivos tratamentos. O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo de pesagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo.

Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal. Como tratos culturais realizados, houve a necessidade de controle das pragas pulgões e cochonilhas que foram controladas com aplicação de inseticida específico. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas e, realizou-se arranhadas manuais no solo contido nas sacolas para eliminação de plantas invasoras. Fez-se ainda a adubação fosfatada conforme recomendação de Corrêa et al. (2003) incorporando 100 mg de P dm⁻³ de solo, tendo como fonte o superfosfato simples.

Visando analisar o efeito dos tratamentos, realizou-se avaliações de crescimento aos 125 dias após o semeio (DAS) através do número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF). Na contagem do número de folhas mensurou-se apenas as que apresentam o limbo foliar completamente aberto. O DC foi determinado usando paquímetro digital (Figura 1A), a 3 cm do colo das plantas e a AP medindo-se a distância entre o colo e o ponto de inserção da folha mais nova.

Para medição da área foliar (Figura 1B), foi considerada a metodologia de Lima et al. (2012), utilizando a equação 1, onde:

$$AF = \sum 0,3205 \times C^{2,0412} \quad (1)$$

Em que: AF = área foliar (cm²); C = comprimento da nervura central da folha (cm).



Figura 1. Medição do comprimento da nervura central de plantas de goiabeira aos 125 DAS.

A partir dos dados de área foliar foi mensurado a taxa de crescimento relativo (TCR) e absoluto (TCA) no intervalo de 85 a 125 DAS, conforme Benincasa (2003), como está descrito abaixo nas equações 2 e 3.

$$TCA_{af} = (AF_1 - AF_2) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

$$TCR_{af} = (\ln AF_2 - \ln AF_1) / (t_2 - t_1) \quad (3)$$

Onde: AF_1 e AF_2 - Área foliar de planta no tempo t_1 e t_2 , em cm^2 ; TCA_{af} - Taxa de crescimento absoluto da área foliar, $\text{cm}^2 \text{ dia}^{-1}$; TCR_{dc} - Taxa de crescimento relativo da área foliar, em $\text{cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

Aos 125 DAS determinou-se ainda a massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O acúmulo de fitomassa foi determinada através de pesagem de folhas, caule e raiz em balança de precisão de 0,001g, onde a massa seca foi obtida após a secagem deste material em estufa de circulação de ar a 65°C até obtenção de massa constante.

Para mensurar a qualidade das mudas foi utilizado o índice de qualidade de Dickson (IQD), proposto por Dickson et al. (1960), descrita pela Equação 4.

$$IQD = \frac{(FST)}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (4)$$

Onde: FST = fitomassa seca total (g por planta); AP = altura de plantas (cm); DC = diâmetro do caule (mm); FSPA = fitomassa seca da parte aérea (g por planta); FSR = fitomassa seca da raiz (g por planta).

As variáveis foram submetidas a análise da variância, pelo teste F (1 e 5% de probabilidade), onde em caso de efeito significativo, foi realizada análise de regressão para os níveis de salinidade e, as combinações de adubação nitrogenada e potássica foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância (Tabela 2) não houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis analisadas. As variáveis número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 125 DAS e taxa de crescimento absoluto (TCAaf) e relativo (TCRaf) da área foliar dos 85 aos 125 DAS apresentaram efeito significativo isolado em função dos fatores salinidade da água e combinação de adubação NK. A variável altura de plantas (AP) não foi afetada de forma significativa por nenhuma das fontes de variação estudadas.

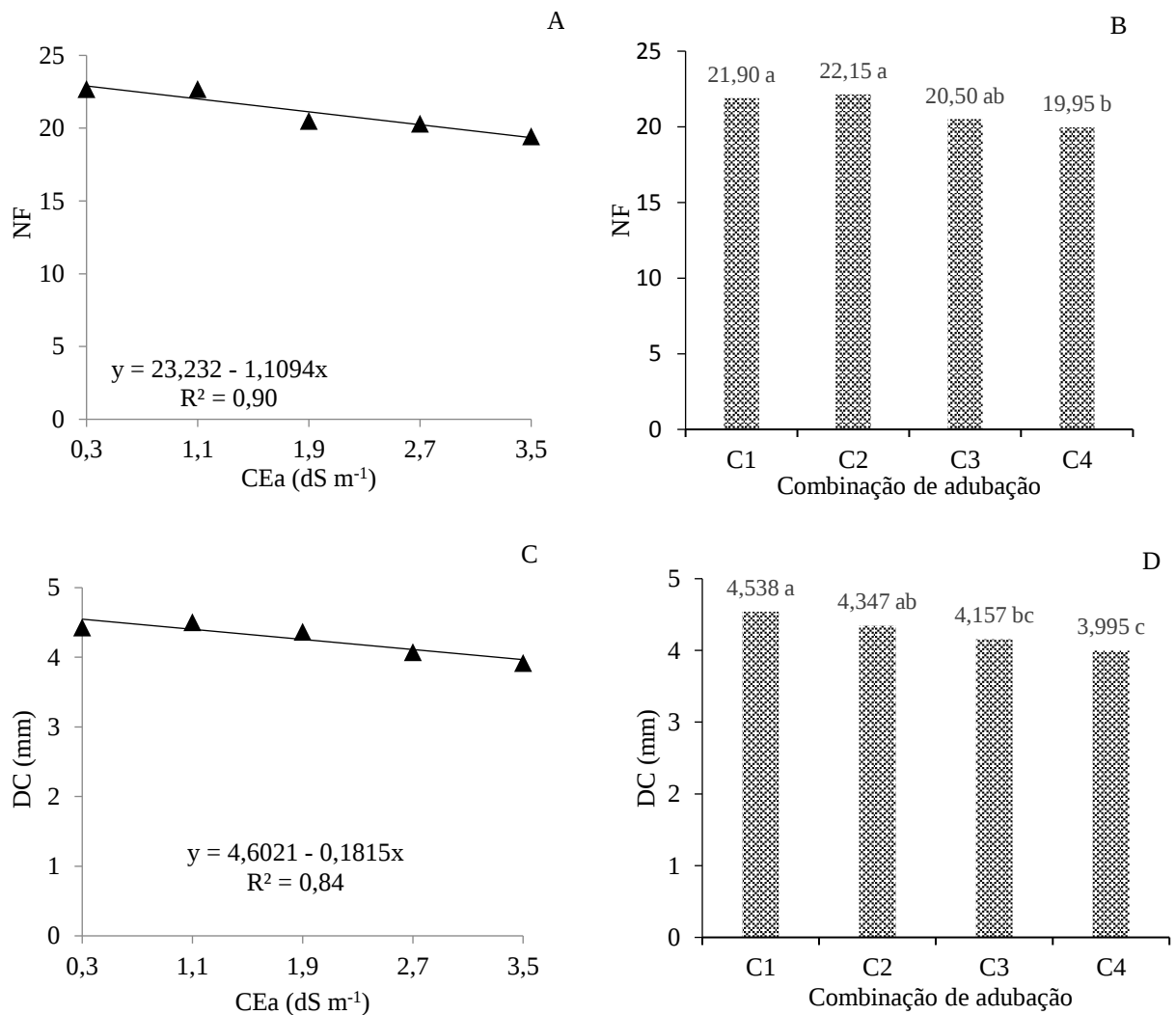
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 125 DAS e taxas de crescimento absoluto (TCAaf) e relativo da área foliar (TCRaf) realizados dos 85 aos 125 DAS em função de distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NF	AP	DC	AF	TCAaf	TCRaf
			cm	mm	cm ²	cm ² dia ⁻¹	cm ² cm ⁻² dia ⁻¹
Níveis salino (S)	4	35,125**	59,101 ^{ns}	1,004**	21613,269*	17,633**	0,0001**
Reg, Linear	1	126,025**	139,129 ^{ns}	3,378**	78594,431**	62,575**	0,0003**
Reg, Quadrática	1	0,071 ^{ns}	33,325 ^{ns}	0,437 ^{ns}	992,886 ^{ns}	3,698 ^{ns}	0,00007*
Doses de NK	3	22,817**	73,427 ^{ns}	1,070**	33087,144*	6,705**	0,00007*
Interação (S x NK)	12	4,608 ^{ns}	57,186 ^{ns}	0,122 ^{ns}	4023,606 ^{ns}	1,741 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Blocos	3	15,250*	237,622**	0,437*	47258,423**	2,609 ^{ns}	0,00013**
CV (%)		10,87	12,26	8,57	14,36	24,25	27,44

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação.

Observa-se de acordo com a equação de regressão (Figura 2A) que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a emissão de folhas das plantas de goiabeira

cv. Paluma aos 125 DAS, cujo decréscimo foi de 4,77% (aproximadamente 3 folhas) por aumento unitário da CEa. As mudas irrigadas com água de maior salinidade ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) tiveram redução do NF em 16,7% ao comparado as sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. A redução do número de folhas pode ser uma resposta dos mecanismos de tolerância da cultura que objetiva minimizar a quantidade de água perdida através dos processos de transpiração, a fim de manter o potencial hídrico celular elevado, fazendo com que ocorra uma diminuição na absorção de água e cloreto de sódio, o que evitaria ou diminuiria a ocorrência de toxicidade por íons específicos (SÁ et al., 2018).



C1 = 70%N + 50% K_2O ; C2 = 100%N + 75% K_2O ; C3 = 130%N + 100% K_2O ; C4 = 160%N + 125% K_2O . Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 2. Número de folhas – NF (A) e (B) e diâmetro do caule (C) e (D) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

Outros autores constataram efeitos da salinidade que corroboram com o encontrado no presente estudo, como Souza et al. (2015) observaram que o NF em porta-enxertos de goiabeira Crioula decresceu linearmente com o aumento CEa, verificando redução de 8,35% por aumento unitário da CEa, aos 85 dias após a emergência (DAE). Bezerra et al. (2018) verificaram aos 255 dias após o transplante decréscimo linear no NF de 10,68% por unidade de aumento da CEa para a cv. Paluma.

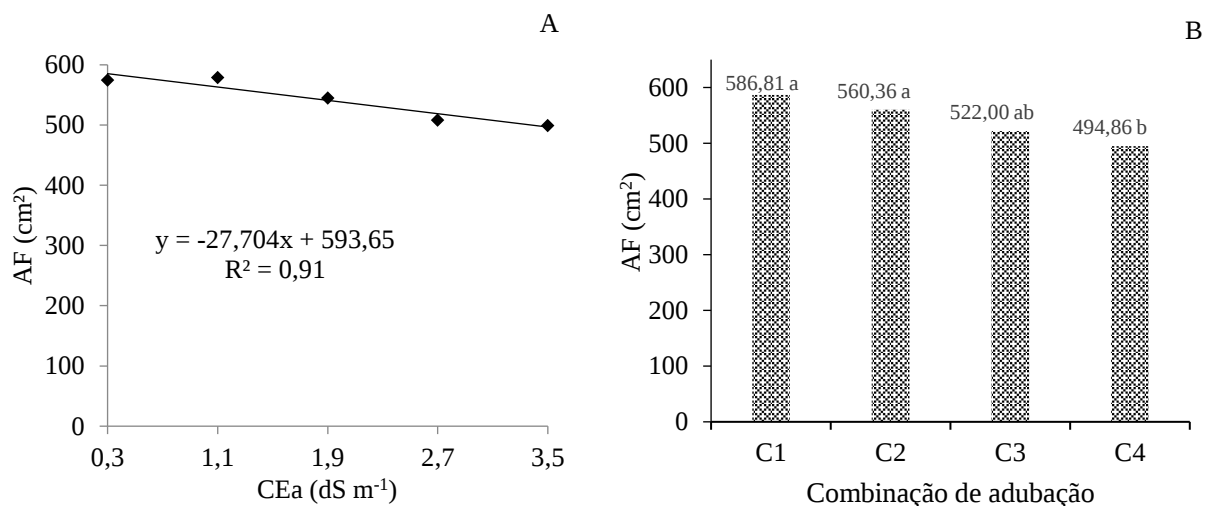
Em relação às combinações de adubação NK, verifica-se (Figura 2B) que a combinação de adubação C1 (70%N + 50% K₂O) e C2 (100%N + 75% K₂O) promoveram os maiores números de folhas aos 125 DAS, evidenciando que a aplicação de N em quantidade superior ao recomendado, assim como, doses de K superior a 75% da recomendação não favorecem a emissão de folhas em mudas de goiabeira cv. Paluma aos 125 DAS. Tal condição também foi verificada por Silva et al. (2017), onde o aumento nas doses recomendadas de N para goiabeira provocou perdas no NF de 6,95% e 11,22% para cada incremento de 30% na dose de N nas respectivas épocas de 130 e 190 DAE, onde a quantidade de ureia aplicada em períodos de maior exposição pode ter intensificado o efeito adverso do estresse salino.

De acordo com a Figura 2C, houve decréscimo linear em função do aumento da salinidade da água de irrigação, cujo DC diminuiu 3,9% por incremento unitário da CEa, ocorrendo redução de 13,80% (0,5 mm) entre o tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) e o de maior concentração salina (3,5 dS m⁻¹) estudada. Possivelmente, esse decréscimo ocorre em função da elevada exposição das plantas à salinidade pois, em condições de estresse salino pode haver deslocamento da Ca²⁺ dos sítios de ligação da parede celular, em especial nos tecidos meristemáticos do caule em função do aumento de sódio, reduzindo a reticulação de pectina e, posteriormente o alongamento das células e divisão celular (LI et al., 2014; BYRT et al., 2018; SILVA, 2020).

Em relação às combinações de adubação (Figura 2D), foi verificado que as plantas sob manejo de adubação C1 obtiveram maiores valores do DC, embora não tenham diferenciado significativamente das plantas sob combinação C2. Tanto nesta variável como em relação ao NF (Figura 2B) nota-se que a adubação com as combinações C3 e C4 apresentaram os menores valores destas variáveis, onde possivelmente a aplicação de doses altas de nitrogênio e potássio pode ter resultado em desbalanço nutricional e acúmulo excessivo de NO₃⁻ e de K⁺ no vacúolo celular de folhas e ramos, tendo como consequência a redução na produção de folhas e no DC.

O fator salinidade promoveu comportamento semelhante sobre a área foliar das mudas de goiabeira, onde o aumento unitário da CEa diminuiu a AF em 4,7% (22,2 cm²) por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas cultivadas sob CEa 3,5 dS m⁻¹ sofreram redução na AF de

14,9% em relação às irrigadas com águas de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. Essa alteração no aparato fotossintético das plantas, ou seja, diminuição da superfície transpiratória pode ser, segundo Taiz et al. (2017), considerada como alterações morfológicas e anatômicas adaptativas das plantas em resposta ao estresse salino. Souto et al. (2013) verificaram que a diminuição da área foliar e rendimento da massa seca estão associados pelo NaCl, pois a perda de folhas das plantas irrigadas com água salina é um indicativo da senescência precoce decorrente dos efeitos tóxicos do excesso de sais.



C1 = 70%N + 50% K_2O ; C2 = 100%N + 75% K_2O ; C3 = 130%N + 100% K_2O ; C4 = 160%N + 125% K_2O . Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

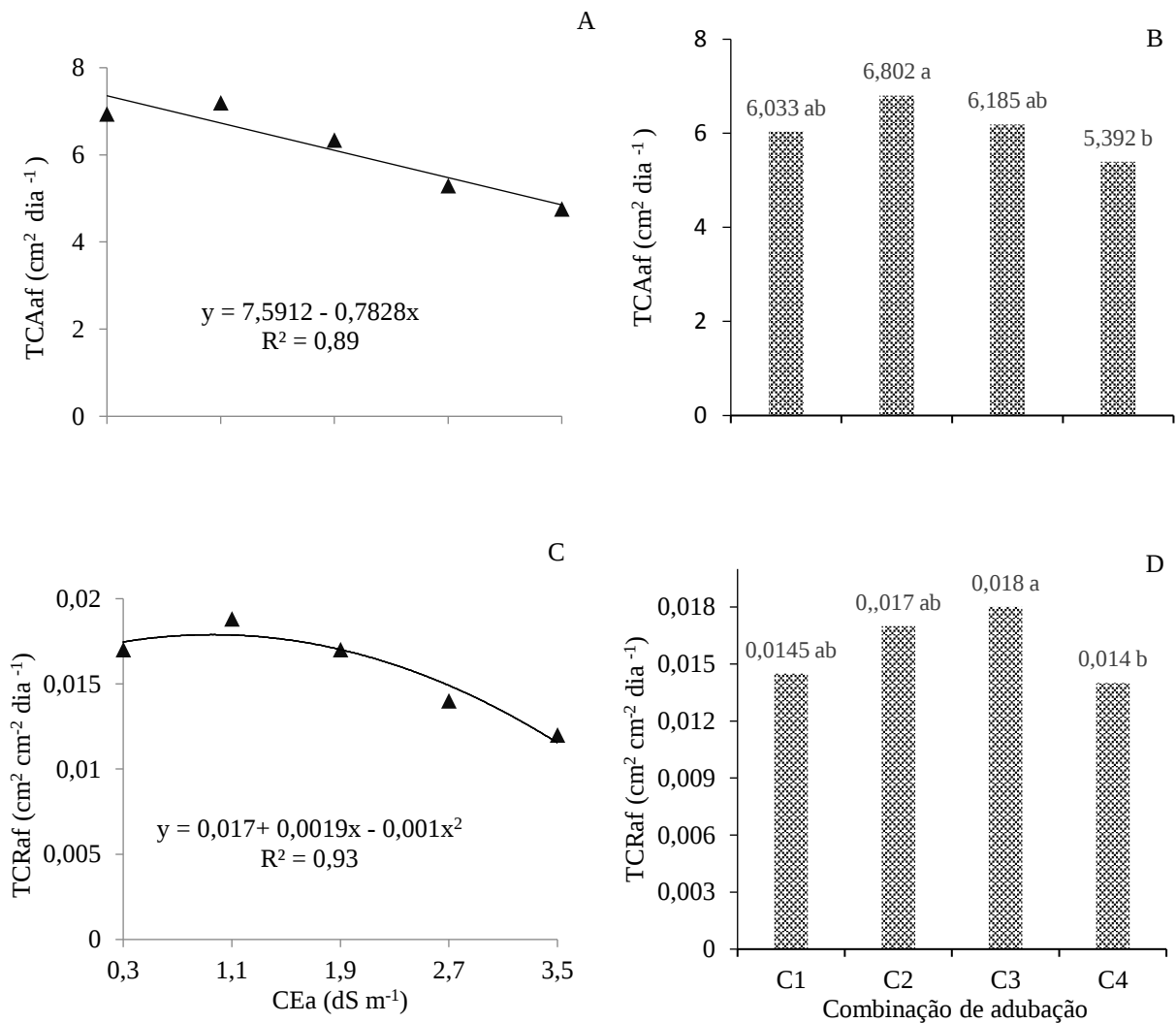
Figura 3. Área foliar - AF de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação (A) e combinações de adubação nitrogenada e potássica (B), aos 125 dias após o semeio.

Segundo Freire et al. (2010), a diminuição na área foliar ocorre devido ao efeito da salinidade sobre a pressão de turgescência nas células, que ocorre pelo menor teor de água nos tecidos, onde a expansão da parede celular será diminuída, gerando menor crescimento nas plantas, ou seja, conforme análise dos resultados das variáveis NF, DC e AF das mudas de goiabeira, vê-se que o estresse salino interferiu negativamente sobre as mesmas. Abrantes et al. (2017) e Bezerra et al. (2018) avaliaram o crescimento inicial de porta enxertos e mudas de goiabeira, respectivamente, irrigadas com águas salinas e verificaram que o incremento da CEa inibiu a altura, diâmetro caular, número de folhas e área foliar das plantas.

Avaliando que a redução relativa de 10% é considerada aceitável para o cultivo de plantas sob condição salina (AYERS; WESTCOT, 1999), ressalta-se que as variáveis de crescimento como NF, DC e AF foram afetadas pelo incremento da CEa, no entanto, a partir das equações (Figura 2A, 2C e 3A), estima-se uma redução relativa aceitável em até 10% quando irrigadas as mudas com água de CEa média de $3,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Para AF foliar em função das combinações de adubação NK (Figura 2B), vê-se que as plantas sob combinação C1 e C2 apresentaram os maiores valores de AF e, as plantas sob combinação C4 tiveram a menor AF, indicando possivelmente que o excesso das doses de N e K promovem estresse osmótico e/ou tóxico sobre as plantas (HASANUZZAMAN et al., 2018).

Observa-se que o incremento da salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a TCAaf, em 10,3% ($0,6 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$) por aumento unitário da CEa. De forma comparativa, as mudas irrigadas com água de salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ reduziram a TCAaf em 36,1% em relação aos tratamentos de menor salinidade (Figura 4A). Freire et al. (2010) citam que o estresse salino interfere na área foliar das plantas devido a pressão de turgescência nas células, que ocorre pelo menor teor de água nos tecidos onde a expansão da parede celular será diminuída, gerando menor crescimento nas plantas.



C1 = 70%N + 50% K_2O ; C2 = 100%N + 75% K_2O ; C3 = 130%N + 100% K_2O ; C4 = 160%N + 125% K_2O . Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 4. Taxa de crescimento absoluto da área foliar – TCAaf (A) e (B) e taxa de crescimento relativo da área foliar – TCRaf (C) e (D) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica no período de 85 à 125 dias após o semeio.

Para a combinação de adubação (Figura 4B) foi verificado que a combinação C2 (100%N + 75% K₂O) promoveu maiores médias para a TCAaf, não diferindo estatisticamente da combinação C1 e C3 e, a combinação C4 apresentaram os menores valores, sendo a combinação C2 superior em 20,7% em relação a C4. O fato do tratamento com as maiores doses de N e K ter obtido os menores valores pode indicar o aumento da salinidade do substrato devido incremento de ureia e K₂O aliado ao acúmulo de sais pela aplicação da água de irrigação. Abrantes et al. (2017) verificaram redução linear sobre a TCAaf com o aumento das doses de N, havendo redução de 7,76% por incremento de 30% na dose de nitrogênio. O excesso de sal faz com que ocorra maior utilização de energia para ajustamento osmótico, diminuindo a quantidade de substrato energético que seria aplicado para o crescimento da planta (DINIZ NETO et al., 2014).

Foi verificado efeito significativo ($p \leq 0,01$) da salinidade da água de irrigação sobre a TCRaf dos 85 aos 125 DAS, havendo conforme equação de regressão (Figura 4C) resposta quadrática, cujo maior valor ($0,018 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e o menor ($0,012 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) obtidos, respectivamente, nos níveis de CEa de 1,1 e 3,5 dS m⁻¹. A inibição da taxa de crescimento relativa da área foliar das mudas de goiabeira pode estar associada a diminuição do número de folhas e da área foliar (Figuras 2A e 3A), onde a diminuição da superfície de transpiração é um mecanismo de adaptação da planta para reduzir as taxas transpiratórias e mitigar o estresse causado pelo excesso de sais (OLIVEIRA et al., 2013). Abrantes et al. (2017) observaram efeito linear decrescente sobre a TCRaf com o aumento da CEa no intervalo de 50 a 100 dias após a emergência, provocando declínio de 6,85% por aumento unitário da CEa.

Quanto a combinação de adubação NK (Figura 4D), verificou-se que as plantas em condição de adubação C3 apresentaram os maiores índices de TCRaf, sendo estatisticamente diferente apenas em relação as plantas que estavam sob combinação C4, denotando que o incremento de 30% na dose recomendada de N teve efeito positivo, possivelmente pelo nitrogênio auxiliar no crescimento da parte aérea (TAIZ et al., 2015). Entretanto, doses elevadas de N e K podem ter salinizado o substrato em conjunto com as sucessivas aplicações de águas salinas, promovendo decréscimo na TCRaf.

Houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a massa seca da raiz (MSR)

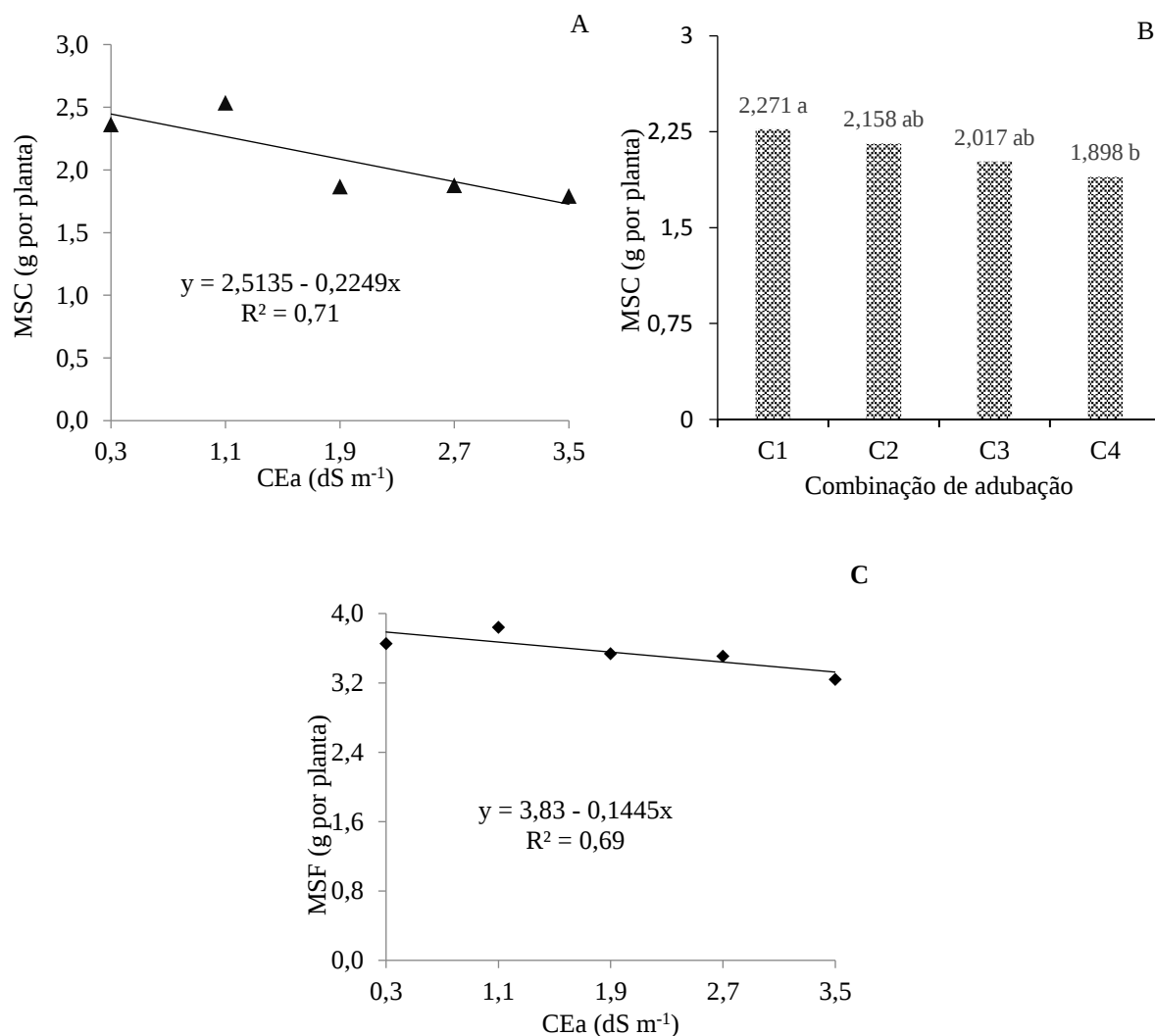
e índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 125 DAS (Tabela 3). Enquanto as variáveis massa seca do caule (MSC) e massa seca total (MST) apresentaram efeito significativo isolado dos fatores salinidade da água de irrigação e combinação de adubação NK. A massa seca de folhas (MSF) foi afetada de forma significativa apenas pela salinidade da água de irrigação aos 125 DAS.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente a massa seca de folhas (MSF), do caule (MSC), de raiz (MSR) e total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 125 dias após o semeio (DAS), em cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				IQD
		MSF	MSC	MSR	MST	
g por planta						
Níveis salino (S)	4	0,7694*	1,824**	0,448**	7,839**	0,045**
Reg, Linear	1	2,137*	5,177**	1,402**	24,235**	0,155**
Reg, Quadrática	1	0,465 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,149 ^{ns}	0,793 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Doses de NK	3	0,684 ^{ns}	0,529*	0,132 ^{ns}	3,426**	0,025**
Interação (S x NK)	12	0,254 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,162**	0,758 ^{ns}	0,007*
Bloco	3	0,233 ^{ns}	0,342 ^{ns}	0,164*	1,562 ^{ns}	0,009*
CV (%)		16,16	18,43	14,23	12,29	11,97

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação

O aumento da salinidade da água de irrigação resultou em redução linear na fitomassa seca do caule de 8,95% por aumento unitário da CEa, havendo perda de 0,57g por incremento unitário da CEa (Figura 5A). As mudas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ obtiveram redução de 28,6% da MSC quando comparadas com as mudas irrigadas com água de menor salinidade. Possivelmente as elevadas concentrações de NaCl na zona radicular aumentou a absorção desses sais no vacúolo, diminuindo a absorção de outros íons, provocando toxicidade por íons específicos, levando ao aparecimento de danos fisiológicos e nutricionais nas culturas (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014) e conseqüentemente, afetando a produção de fitomassa, sendo um reflexo da alteração no potencial osmótico de água no solo pela diminuição do potencial osmótico.



C1 = 70%N + 50% K₂O; C2 = 100%N + 75% K₂O; C3 = 130%N + 100% K₂O; C4 = 160%N + 125% K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 5. Massa seca do caule – MSC (A) e (B) e massa seca de folhas – MSF (C) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

Silva (2015) para a mesma cultivar observou que aos 190 dias após a emergência a maior fitomassa seca do caule foi de 1,25 g por planta em um nível de salinidade de 1,3 dS m⁻¹, mantendo tolerância até uma CEa de 2,2 dS m⁻¹. Com o objetivo de alcançar o ajuste osmótico, a planta ao invés de utilizar a energia para acumular fitomassa acaba por retirar uma parte dessa energia para acumular açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

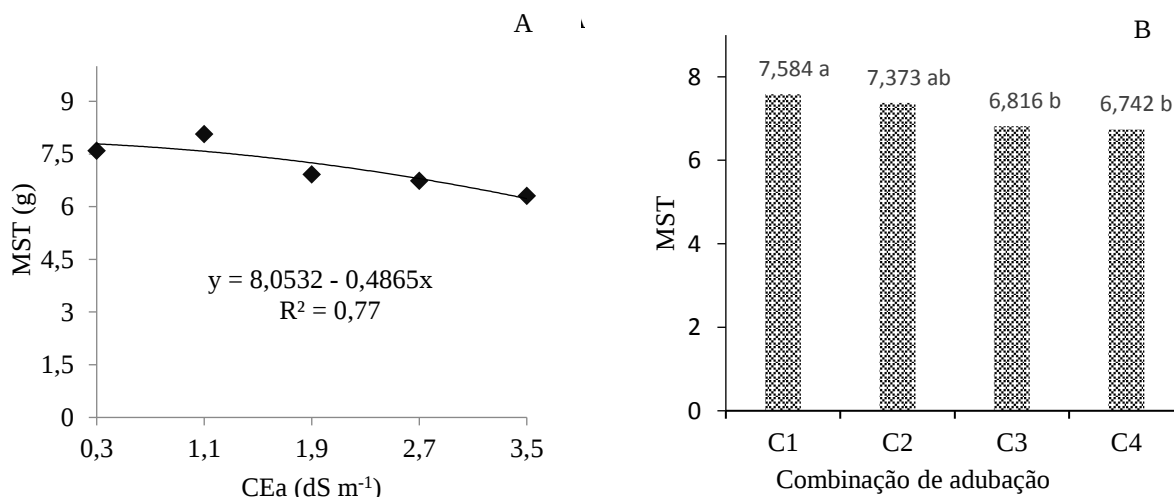
Na Figura 5B, verifica-se que a MSC foi menor em plantas adubadas com a combinação C4, enquanto a combinação C1 indicou maior incremento da MSC.

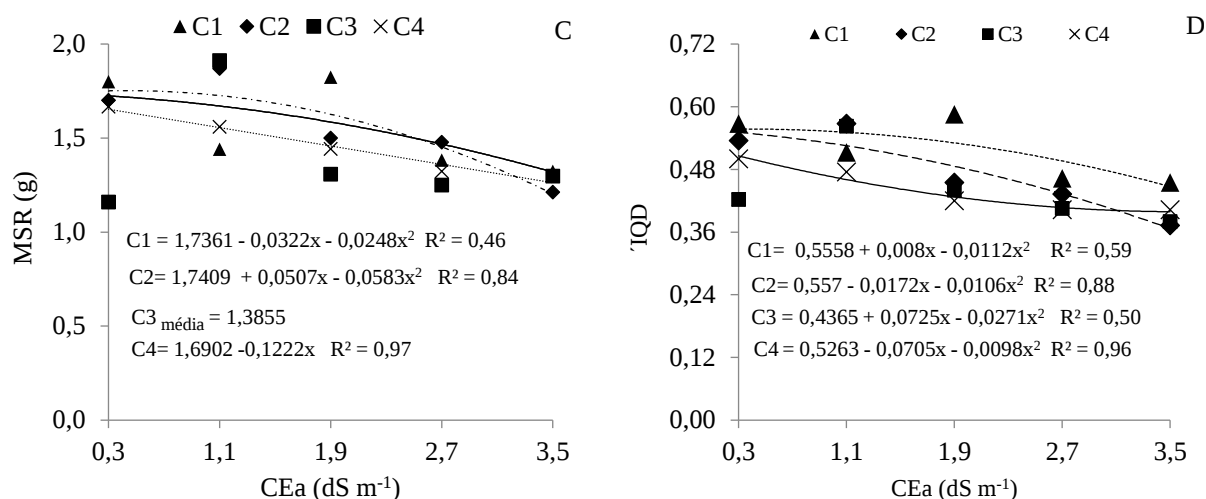
O incremento da salinidade da água de irrigação provocou uma diminuição também na fitomassa seca da folha (Figura 5C), apresentando um decréscimo linear de 3,77% por aumento

unitário da CEa, o que resultou em redução de 12,07% nas plantas cultivadas sob concentração salina de 3,5 dS m⁻¹ em relação às plantas irrigadas com o menor nível salino da água (0,3 dS m⁻¹). Denota-se que a variação na produção de massa seca causada pelo aumento na salinidade ocorre pelo fato dos sais inibirem a produção de biomassa e alteram a partição dos fotoassimilados nas partes das plantas, e as alterações observadas na AP, DC e AF refletem no acúmulo de fitomassas, o que é considerado uma resposta aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais (AZEVEDO et al., 2017) e quanto maior o valor do potencial de acumulação de biomassa, maior será a eficiência que a planta tem em transformar a energia em fotoassimilados (FERNANDES et al. (2011)

Corroborando o resultado encontrado, Sena et al. (2018) observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação em porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma teve efeito linear decrescente sob a fitomassa seca da folha, onde para cada incremento unitário de CEa houve uma redução de 8,90% para essa variável.

O aumento da salinidade da água de irrigação resultou em redução na fitomassa seca total, e segundo equação de regressão (Figura 6A) ocorreu decréscimo de 6,0% (0,39g) por aumento unitário da CEa. As mudas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ obtiveram redução de 21,1% da MST quando comparadas com as mudas irrigadas com água de menor salinidade. Para Khan e Panda (2008), sob condição de estresse salino o consumo de água e a absorção de nutrientes pelas plantas são reduzidos, afetando seu crescimento, desenvolvimento e produção de fitomassa.





C1 = 70%N + 50% K₂O; C2 = 100%N + 75% K₂O; C3 = 130%N + 100% K₂O; C4 = 160%N + 125% K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 6. Massa seca total– MST (A) e (B), índice de qualidade de Dickson – IQD (C) e massa seca da raiz (D) de mudas de goiabeira irrigadas com água de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

A partir da Figura 5B vê-se que as plantas cultivadas sob combinação de adubação C1 (70% N + 50% K₂O) condicionou maior produção de massa seca total e, não diferiu estatisticamente da C2, enquanto os tratamentos C2, C3 e C4 não diferiram estatisticamente e apresentaram menores valores para essa variável, denotando que o aumento nas doses destes adubos possa ter aumentado o índice salino do solo e consequentemente, promovido redução na produção de fitomassa das plantas. Silva et al. (2015) também identificaram que o incremento da adubação com N afetou negativamente o acúmulo de MST em mudas de goiabeira, acarretando em decréscimo linear de 15,27% por aumento de 30% na dose de N.

Dias et al. (2012), identificaram que as mudas de goiabeira cv. Paluma atingiram maiores produção de fitomassa seca total sob condição de manejo com maior dose de N (865 mg de N dm⁻³). Bonifácio et al. (2018) estudando produção de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma, não observou efeito significativo entre o fator doses de K sob a variável FST, outrossim, constatou-se que os incrementos de doses de potássio não atenuaram os efeitos adversos do estresse salino na cultura na produção de massa seca total.

Na Figura 6C verifica-se que o efeito da salinidade da água de irrigação em cada combinação de adubação NK onde o incremento na CEa promove um efeito quadrático sobre a MSR quando se utilizou as combinações C1 (70%N + 50% K₂O) e C2 (100%N + 75% K₂O) e efeito linear para a combinação C4 (160%N + 125% K₂O). Não houve influência do aumento da salinidade sobre a MSR das plantas adubadas com 130%N + 100% K₂O (C3), obtendo média

de 1,38 g por planta. A massa seca da raiz das plantas adubadas com a combinação C1 foram afetadas negativamente com o incremento da salinidade das águas, obtendo maior valor de 1,74 g por planta, correspondente à CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, já a irrigação com água de salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ promoveram decréscimo na MSR para o menor valor de 1,37 g por planta.

As plantas adubadas com a proporção 100%N + 75% K_2O (Figura 6C) apresentaram comportamento similar às que receberam adubação C1, onde os maiores e menores valores para MSR foram de 1,75 e 1,20 g, para os níveis de salinidade de $0,3$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Para uma redução aceitável de até 10%, a salinidade encontrada foi de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ para C1 e $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ para o manejo de adubação C2. Para a adubação C4 houve redução linear com o incremento da salinidade da água de irrigação com decréscimo de 7,2% por aumento unitário da CEa, onde a diferença entre as mudas irrigadas com água de maior e menor salinidade foi de 25,3% da massa seca da raiz, indicando que a adubação C4 não foi suficiente para reduzir o estresse salino na cultura. Possivelmente a alteração no potencial osmótico da solução do solo motivou a redução da produção de fitomassa seca da raiz devido aumento da salinidade da água de irrigação (SOUZA et al., 2020). A alteração no metabolismo do sistema radicular provocada pelo NaCl pode afetar enzimas responsáveis pela síntese e translocação de hormônios importantes para o metabolismo das folhas, causando redução no crescimento foliar, diminuindo assim a área fotossintética da planta (HOLANDA et al., 2011).

Em relação a adubação nitrogenada, Souza et al. (2016) verificaram que os incrementos de N interferiram negativamente na produção de fitomassa seca da raiz e, através da análise de regressão verificaram comportamento linear com redução de 6,62% na FSR com aumento de 30% nas doses de N aplicadas no estudo.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD) verificou-se que o efeito da salinidade da água de irrigação em cada combinação de adubação NK apresentou comportamento quadrático em todos os tratamentos estudados (Figura 6D). Os menores valores do IQD encontrados foram para o nível salino de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo de 0,447; 0,367; 0,358 e 0,399 para C1, C2, C3 e C4, respectivamente. Já os maiores valores foram de 0,557; 0,557; 0,485 e 0,526, para C1, C2, C3 e C4, verificados nos níveis de CEa de 0,4; 0,3; 1,3 e 0,3, respectivamente. Os valores do IQD encontrados nas mudas do presente trabalho estão dentro dos valores considerados aceitáveis para a produção de mudas, mesmo em condições de maior CEa e independentemente do manejo de adubação NK aplicado, as mudas obtiveram valor acima de 0,2, considerado por Hunt (1990) como o valor ideal para que mudas tenham êxito ao se estabelecer no campo, sendo um bom indicativo de qualidade final na produção das mudas.

Souza et al. (2016) e Bonifácio et al. (2018) avaliando o índice de qualidade de Dickson em mudas de goiabeira Crioula e Paluma, observaram que o aumento unitário da CEa induziu um decréscimo de 12,24 e 13,37% no IQD, respectivamente, e as mudas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ obtiveram valor 0,14 (Crioula) e 0,17 (Paluma) menores em relação às mudas irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. Para a cv. Paluma, Souza et al., (2017a) observaram efeito linear e decrescente do IQD para o aumento da CEa de 13,86% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação.

4 CONCLUSÕES

As combinações de adubação nitrogenada e potássica 70% N + 50% K₂O e 100% N + 75% K₂O da dose recomendada promove maior crescimento e produção de fitomassa em mudas de goiabeira cv. Paluma.

Pode-se produzir mudas de goiabeira cv. Paluma com água de salinidade de 2,1 dS m⁻¹ devido promover perdas aceitáveis de até 10% nas variáveis de crescimento e qualidade das mudas.

O efeito deletério da salinidade é mais evidente sobre o acúmulo de fitomassa e qualidade das mudas da goiabeira cv. Paluma.

As combinações de doses de nitrogênio-potássio não mitigam os efeitos nocivos do estresse salino sobre a produção de mudas de goiabeira cv. Paluma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, D. S.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Souza, A. dos S.; Gomes, E. M.; Sousa, F. F. de. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. *Revista Espacios*, v. 38, n. 31, p. 6-21, 2017.
- Alvarenga, C.F.S., Silva, E.M., Nobre, R.G., Gheyi, H.R., Lima, G.S., Silva, L.A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42: p. 194-205, 2019.
- Andrade, E. M. G.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A.; Silva, S. S.; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, p. 945-951. 2019.

- 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, n. 3, p. 110-119, 2011.
- Azevedo, P. R. L.; Bezerra, D. L.; Souto, F. M.; Bitu, S. G.; Pereira Junior, E. B. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. *Revista de Agroecologia do Semiárido*, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2017
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. *Qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p
- Benincasa, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; Azevedo, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*. Londrina, v. 39, n. 5, p. 1945, 2018.
- Bonifacio, B. F.; Nobre, R. G.; S., A. Sousa.; G., E. M. Gomes; Sousa, Leandro de P.; S., E. M. Silva. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 4, p. 971-980. 2018.
- Byrt, C. S., Munns, R., Burton, R. A., Gilliam, M., and Wege, S. Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. *Plant Science*. 269, p.47–55. 2018
- Corrêa, M. C. M. et al. Respostas de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.
- Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960
- Diniz Neto, M. A.; Silva, I. de F. da; Cavalcante, L. F.; Diniz, B. L. M. T.; Silva, J. C. A. da; Silva, E. C. da. Mudas de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.1, p.10–18, 2014
- FAO. Production quantities of Mangoes, mangosteens, guavas by country. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 08 mar. 2021
- Fernandes, P. D.; Brito, M. E. B.; gheyi, H. R.; Soares Filho, W. dos S.; Melo, A. S. de; Carneiro, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- Ferreira, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*. v.37, n.4, p.529-535, 2019.

- Freire, A. L. O.; Saraiva, V.P.; Miranda, J.R.P.; Genildo, B.B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, suplemento 1, p.1133-1144, 2010.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, M. H. M. B.; Nahar, K.; Hossain, S. M.; Mahmud, J. A.; Hossen, M. S.; Masud, A. A. C; Fujita, M. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, v.8, n.3; p.1-29, 2018.
- Holanda, S. J. R.; Araujo, F s; Gallão, M I; Medeiros Filho, S. Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 1, p. 47-52, 2011
- Hunt, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200. 1990, Roseburg: Proceedings. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.
- Khan, M. H.; Panda S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two Rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(1): 8p. 2008.
- Lima, G. S. de; Nobre, R. G; Gheyi, H. R; Soares, L. A. dos A; Silva, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 1, p. 1-10, 2015. P. 393-401. 2021.
- Lima, G. S de; Soares, M. G. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, J. B. Potássio e salinidade da água de irrigação na forma de mudas de maracujazeiro-azedo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n. 6, p
- Lima, G.S.; Andrade, A.C.; Silva, R.T.L.; Fronza, D.; Nishijima, T. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: 64ª Reunião anual da SBPC : UFMA, 2012.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- Manica, I.; Icuma, I.M.; Junqueira, N.T.V.; Salvador, J.O.; Moreira, A.; Malavolta, E. Goiaba: Do plantio ao consumidor: Tecnologia de produção, pós-colheita e comercialização. Cinco Continentes, 2001. 124p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. New York: Academic Press, 2011. 672p.

- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- Oliveira, F. de A de; Medeiros, J. F de; Oliveira, M. K T de; Souza, A. A T; Ferreira, J SOUZA, M. s. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.
- Oliveira, F. T. de; Hafle, O. M.; Mendonça, V.; Moreira, J. N.; Pereira JúnioR, E. B.; Rolim, H. O. Respostas de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes fontes e proporções de materiais orgânicos. *Comunicata Scientiae*, v.6, p.17-25. 2015
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Sá, F. V. da S. Ecofisiologia da aceroleira irrigada com água salina sob doses de nitrogênio e fósforo. 2018. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- Silva, E. M; Nobre, R. G.; Souza, L. de P; Araujo, R. H. C. R; Pinheiro, F. W. A; Almeida, L. L. de S. Morfofisiologia de porta-enxerto de goiabeira irrigado com águas salinizadas sob doses de nitrogênio. *Comunicata Scientiae*, v. 8, n. 1, p. 32-42, 2017.
- Silva, S. S. da; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Moreira, R. C. L. Trocas gasosas e produção de melancia sob manejo de salinidade e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, p. e54822, 2019.
- Silva, E. M. da. Tolerância de porta-enxerto de goiabeira à salinidade da água de irrigação sob adubação nitrogenada. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.
- Silva, E. M.; Nobre, R. G.; Souza, L. P.; Pinheiro, F. W. A.; Andrade, A. B. A. Efeito da adubação nitrogenada na formação de mudas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 4, p. 42-48, 16 out. 2015.
- Souto, A. G.; Cavalcante, L. F.; M. do Nascimento, J. A.; Mesquita, F. de O.; de Lima Neto, A. J. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, v. 18, n. 3, p. 442-453, 2013
- Souza, L. P; Nobre, R. G; Silva, E. M.; Gheyi, H. R; Soares, L. A. dos A. Production of guava rootstock grown with water of different salinities and doses of nitrogen. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 4, p. 1-9, 2017.
- Souza, L. P; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Silva, E. l.; Elias, J. J.. Alocação de fitomassa e crescimento de clones de cajueiro irrigados com águas de diferentes salinidades. *Revista Desafios*, v. 7, n. 1, p. 52-63, 2020.

- Souza, P.S.; Nobre, R.G.; Silva, E.M.; Lima, G.S.; Pinheiro, F.W.A.; Almeida, L.L.S.; Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.20, n.8, p.739- 745, 2016.
- Syvertsen, J.P., Garcia-Sanchez, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, v. 103: p. 128-137. 2014.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., Murphy, A. *Plant Physiology and Development*. 6 ed. Sinauer Associates. Appendix 2. p. A2-2 a A2-5, 2015.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Artmed, 2017. 880p.
- Távora, F. J. A. F.; et al. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, p. 441-446, 2001.
- Teixeira, P. C.; Donagemma G. K.; Wenceslau, A. F.; Teixeira, G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed: Embrapa Solos, 573 p. 2017

CAPÍTULO IV

FISIOLOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

FISIOLOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CV. PALUMA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO

Umas das alternativas para mitigar o efeito deletério do estresse salino nas plantas pode ser a utilização de manejo de da adubação em combinações adequadas. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* na cultura da goiabeira cv. Paluma irrigadas com águas de distintas salinidades. O experimento foi conduzido em áreas experimentais em Caraúbas, RN, instalado em delineamento em blocos casualizados e analisados no esquema fatorial 5×4 , com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação do fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹; com o fator combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O, sendo a dose recomendada de 100% de N e de K, respectivamente 541,1 mg de N dm⁻³ de solo e 798,6 mg de K dm⁻³ de solo. A combinação de adubação 130%N + 100%K₂O resultou em aumento na taxa de assimilação de CO₂, transpiração, eficiência instantânea de carboxilação, taxa de transporte de elétrons e fluorescência inicial antes do pulso de saturação a uma CEa média de 1,3 dS m⁻¹. Entretanto, águas de irrigação com nível salino acima de 0,3 dS m⁻¹ reduziu a eficiência fotoquímica em mudas de goiabeira cv. Paluma.

Palavras-chave: Estresse salino. Irrigação. *Psidium guajava* L.

PHYSIOLOGY OF GUAVA SEEDLINGS CV. PALUMA IRRIGATED WITH GROWING SALINITY WATER AND NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT

One of the alternatives to mitigate the deleterious effect of saline stress on plants may be the use of fertilization management in adequate doses. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the effects of different combinations of nitrogen and potassium fertilization on the variables of gas exchange and chlorophyll a fluorescence in guava cv. Paluma irrigated with water of different salinities in an experiment conducted in experimental areas of UFERSA, Campus Caraúbas, installed in a randomized block design and analyzed in a 5 x 4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of the irrigation water electrical conductivity factor (EC_w) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹; with the factor combinations (C) of doses of nitrogen (N) and potassium (K₂O), where C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3 = 130% N + 100% K₂O and C4 = 160% N + 125% K₂O, with the recommended dose of 100% N and K, respectively 541.1 mg of N dm⁻³ in soil and 798.6 mg of K dm⁻³ of soil. The combination of 130%N + 100%K₂O fertilization promoted better results for CO₂ assimilation rate, transpiration, instantaneous carboxylation efficiency, electron transport rate and initial fluorescence before the saturation pulse at an average EC_w of 1.3 dS m⁻¹. However, irrigation water with saline level above 0.3 dS m⁻¹ reduced the photochemical efficiency in guava seedlings, regardless of the combination of NK fertilization used.

Keywords: Salt stress. Fertilizer. Irrigation. *Psidium guajava* L

1 INTRODUÇÃO

A cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L) é uma planta nativa da América tropical, originária entre a faixa do México ao Peru, atualmente é comercializada em diversos países tropicais e subtropicais (NÓBREGA et al., 2017). O grande consumo dessa fruteira pode ser atribuído à suas propriedades nutricionais e sabor peculiar, contendo até cinco vezes mais ácido ascórbico que frutas cítricas, além de possuir altos níveis de fibra, vitaminas, minerais e antioxidantes (MURMU; MISHRA, 2018).

Devido à irregularidade de precipitação e elevadas temperaturas, regiões como o semiárido nordestino necessitam da agricultura irrigada, onde a escassez de água de baixa condutividade elétrica leva os irrigantes a utilizarem águas salinas, o que pode provocar perda de rendimento nas culturas e salinizar o solo (PEDROTTI et al., 2015).

Água de irrigação com salinidade elevada pode provocar diminuição no crescimento e causar danos fisiológicos em plantas de goiabeira (Silva et al., 2017; Bezerra et al., 2018; Bonifácio et al., 2018), onde o estresse salino pode inibir o crescimento e produção das culturas em função do aumento da pressão osmótica em seu interior, provocando seca fisiológica e toxidez por íons específicos como Na^+ e Cl^- . O acúmulo de sais em excesso nas folhas de goiabeira pode causar clorose foliar, necrose e diminuição nas taxas fotossintéticas (ABASSI et al., 2018).

Dentre as estratégias para mitigar os efeitos deletérios dos sais nas plantas, a adubação deve ser explorada com o objetivo de aumentar as concentrações de íons benéficos para as culturas e induzir a competição destes com íons considerados tóxicos em excesso. Diversos estudos avaliaram diferentes doses de nitrogênio e potássio de forma separada para mitigar o efeito dos sais nas plantas de goiabeira. Silva et al. (2017) verificaram para a goiabeira cv. Paluma que a dosagem de $541,1 \text{ mg de N dm}^{-3}$ estimulou o crescimento das mudas enxertadas e Abrantes et al. (2017) identificaram que a CEa de $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu redução aceitável de 10% no crescimento das plantas de mesmo material genético. Já Bonifácio et al. (2018) observaram que doses crescentes de K até $1.161,6 \text{ mg de K dm}^{-3}$ de substrato não atenuaram o efeito adverso dos sais em mudas de goiabeira.

O estudo de doses combinadas de N e K se deve pelo fato de o nitrogênio ser um elemento que faz parte de diversos compostos essenciais para as plantas, tais como aminoácidos, glicinabetaína, prolina, clorofila e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013) e a concentração de potássio nas plantas além de ser constituinte da estrutura das plantas também tem função reguladora de processos bioquímicos e processos fisiológicos, como abertura estomática e

fitossíntese (HASANUZZAMAN et al., 2018). Além disso, O crescimento, rendimento e taxa de assimilação de CO₂ apresentam forte relação com a sinergia entre N e K, sendo uma interação positiva relatada em alguns estudos, onde a depender da fonte de adubação nitrogenada e da cultura, pode existir um efeito positivo na absorção de N por incremento de K (HOU et al., 2018).

Observa-se que o estudo da aplicação combinada da adubação N e K em mudas de goiabeira podem atenuar o efeito deletério dos sais em todas as fases da cultura, o que pode significar melhora nas características de crescimento e trocas gasosas, indicando incremento no rendimento dos pomares de goiabeira mesmo com aplicação de águas salinas na irrigação.

Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* na cultura da goiabeira cv. Paluma irrigadas com águas de distintas salinidades.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente telado, com a cultura da goiabeira cv. Paluma no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2020, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Centro Multidisciplinar de Caraúbas, situado na Mesorregião do Oeste potiguar. Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região é quente e seco, classificado de acordo com Köppen-Geiger como semiárido BSh, com máxima de 32°C, com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m.

Os dados climatológicos (Figura 1) foram coletados durante o período de estudo da estação meteorológica automática (EMA) localizada na UFERSA, campus Caraúbas, em área próxima ao local da montagem do experimento (UFERSA, 2022).

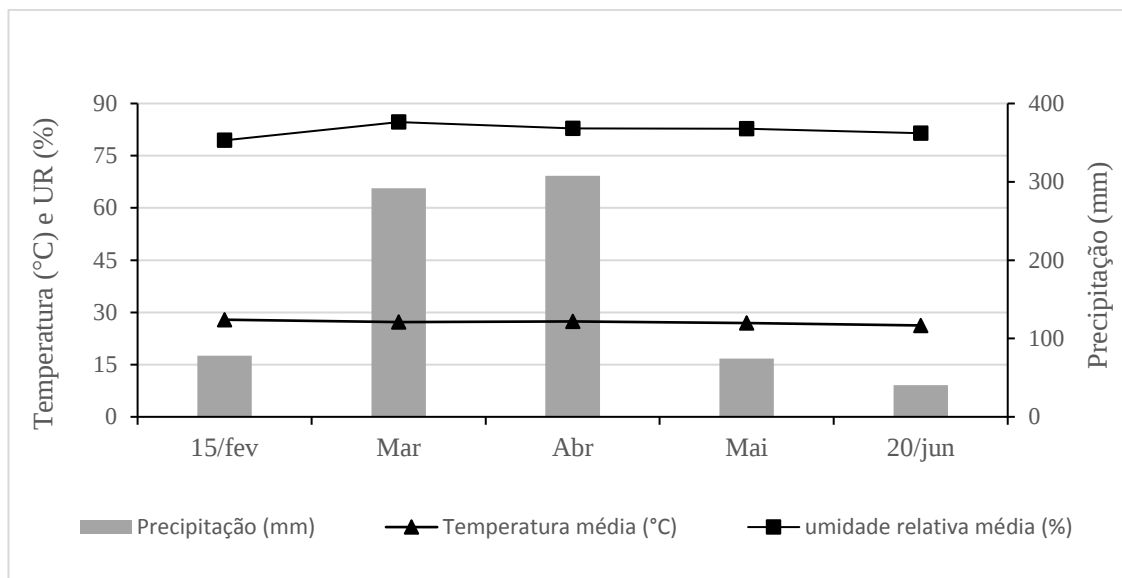


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN (UFERSA, 2022).

Usou-se o delineamento em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação, com condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo: C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3 = 130% N + 100% K₂O e C4 = 160% N + 125% K₂O. Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições, onde cada parcela foi constituída por duas plantas.

A recomendação de adubação potássica foi adotada de acordo com Bonifácio et al. (2018), de 798,6 mg de K dm⁻³ de solo, e de 541,1 mg de N dm⁻³ de solo (SOUZA et al., 2017), sendo equivalente às doses com 100% de nitrogênio e potássio, assim, os tratamentos corresponderam as dosagens de N e K, respectivamente (em mg de N e K dm⁻³ de solo) a 378,8 e 399,3; 541,1 e 598,9; 703,4 e 798,6; 865,8 e 998,25. Foram empregados como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de potássio

Os referidos níveis salinos foram selecionados em base de trabalhos recentes que indicam que a goiabeira é considerada moderadamente sensível a salinidade da água de irrigação onde, usando águas de salinidade acima de 1,5 dS m⁻¹ ocorre decréscimo no crescimento, desenvolvimento e produção (GURGEL et al., 2007; FREIRE et al., 2014; BEZERRA et al., 2018). O estudo envolvendo a interação entre níveis de salinidade na água de irrigação com as diferentes combinações de doses de adubação nitrogenada e potássica se devem ao fato de a adubação poder atenuar o efeito do estresse salino.

As águas de irrigação dos tratamentos de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹ foram preparadas a partir da adição de de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, introduzidas na água do sistema de abastecimento da companhia local, com uma proporção de sal igual a 7:2:1, respectivamente, seguindo a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) proposta por Rhoades et al. (1992). Tal proporção de sais foi adotada seguindo a condição predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação na região nordestina (MEDEIROS et al., 2003).

Utilizou-se o material genético Paluma para a produção de mudas de goiabeira, por ser um genótipo vigoroso, de fácil propagação, com boa tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.) (Manica et al., 2001), sendo o mais cultivado no Brasil (DIAS et al., 2012) devido a qualidade dos frutos e produtividade.

O semeio foi realizado em sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, sendo preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, conforme a seguinte proporção 2:2:2:1. As sacolas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo. A drenagem do excedente de água foi feita através de furos na base das sacolas e em cada uma foram semeadas três sementes a 1,0 cm de profundidade. O desbaste foi realizado após a estabilização da emergência e quando as plantas estiverem com dois pares de folhas definitivas, deixando na sacola apenas a planta, a que apresentar maior crescimento.

Seguindo as metodologias propostas por Teixeira et al. (2017) no início do experimento foram analisadas as características químicas e físico-hídricas do substrato e do material do solo, onde os atributos físicos e químicos do material utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira cv. Paluma. UFERSA, 2021.

	Areia		Silte	Argila		Classificação textural		CE dS m ⁻¹	pH H ₂ O	M.O		
	-----%			-----%						g kg ⁻¹		
	44,7		41,1	14,3		Franca		0,68	6,03	37		
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 mol L^{-1} pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; Al^{3+} e (H^{++} Al^{3+}) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L^{-1} pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C ; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

Durante o período experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 30 dias após o semeio (DAS), as plantas foram irrigadas com água (abastecimento local) de CEa igual a $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e, após esse período, foram irrigadas com água conforme os respectivos tratamentos. O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo de pesagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo.

Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal. Também foi realizado adubações foliares (N - 10%, P_2O_5 - 52%, K_2O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) realizada aos 45 DAS e a cada 60 dias em uma proporção de 1g de adubo para 1 L de água que foram aplicados através de um pulverizador costal, distribuindo 5 L nas plantas. Para mitigar os prejuízos causados pelas pragas e doenças, o controle fitossanitário foi de preventivo e/ou curativo a observar a condução do experimento. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas com a execução de arranquio nas sacolas sempre que foi necessário.

A adubação fosfatada seguiu recomendação de Corrêa et al. (2003), incorporando 100 mg de P dm^{-3} de solo, tendo como fonte o superfosfato simples.

As avaliações fisiológicas quanto as trocas gasosas foram realizadas aos 125 DAS, sendo realizadas medições de trocas gasosas foliares (taxa de assimilação de CO_2 - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, concentração interna de CO_2 - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, condutância estomática - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência intrínseca no uso da água) a partir da utilização do analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro+” ADC BioScientific Ltda. A partir dos dados de fotossíntese e transpiração foi calculado a eficiência instantânea no uso da água – EiUA (A/E), assim como avaliou Bezerra et al. (2018). As medições foram realizadas na terceira folha madura do ápice, estando totalmente expandidas. Entre as 08:00 e 10:00 horas foi aferida a leitura (Figura 5), utilizando fonte de radiação artificial com intensidade de $1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em condições ambiente para temperatura e concentração de CO_2 .

A eficiência fotoquímica foi analisada aos 125 DAS, realizadas em conjunto com as análises de trocas gasosas, utilizando-se de um fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science, protocolo Fv/Fm, onde foram determinados a fluorescência inicial (Fo), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv = Fm-Fo) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Genty et al. 1989). Para a realização das medições foi necessário adaptar as folhas ao escuro por um período de 30 minutos e ao amanhecer utilizando cliques do equipamento a fim de garantir que os centros de reação estivessem abertos no período da análise.

Seguindo a avaliação dos parâmetros fisiológicos pelo protocolo Yield, foi aplicado uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), para determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms) e taxa de transporte de elétrons (*ETR*),

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e estudos de regressão para os níveis de salinidade. As médias do fator qualitativo (combinação de adubação nitrogenada e potássica) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($p \leq 0,01$) dos níveis de salinidade da água de irrigação e as combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a condutância estomática (*gs*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), transpiração (*E*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*). A eficiência instantânea no uso da água (*EiUa*) não teve resposta significativa ($p \leq 0,05$) dos fatores estudados (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância referente a condutância estomática (*gs* - Mol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ (*A* - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*Ci* - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração (*E* - mol H₂O m⁻² s⁻¹), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) e eficiência instantânea no uso da água (*EiUa* - [(µmol m⁻² s⁻¹) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]) em mudas de goiabeira aos 125 dias após o cultivo (DAS) cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EiCi</i>	<i>EiUa</i>
Níveis salino (S)	4	0,074**	9,200*	9745,729**	0,256*	0,00034*	2,321 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,259**	10,790 ^{ns}	31621,784**	0,109 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	6,557*
Reg. Quadrática	1	0,007 ^{ns}	23,098**	2462,316*	0,914**	0,0007*	0,535 ^{ns}
Doses de NK	3	0,008 ^{ns}	17,278**	4785,693**	0,353*	0,00042*	1,828 ^{ns}

Interação(SxNK)	12	0,020*	5,718*	1981,178**	0,191*	0,000317*	3,104 ^{ns}
Blocos	3	0,004 ^{ns}	9,458*	2774,878**	0,821**	0,000798**	2,777 ^{ns}
CV (%)		32	26,42	12,13	24,25	33,88	27,18

Para a condutância estomática, verifica-se (Figura 2A) que o efeito da salinidade nas plantas adubadas com as combinações de adubação C1 e C2, promoveu comportamento linear decrescente, ocorrendo reduções da g_s de 23,04% (C1) e 18,19% (C2) por aumento unitário da CEa. Para C3 não houve influência na em função do incremento da CEa, obtendo média de $0,117 \text{ molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A combinação de adubação C4 promoveu comportamento quadrático decrescente, onde a maior g_s ($0,224 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi obtida quando as plantas foram submetidas a CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$.

Os estômatos são responsáveis pela regulação das trocas gasosas e segundo resultados obtidos no presente estudo (Figura 2A), a g_s foi afetada negativamente pelo aumento da salinidade da água nas combinações C1, C2 e C4, influenciado diretamente pela perda de água nos tecidos foliares, pois, conforme Silva et al. (2013), as plantas sob estresse salino tendem a fechar seus estômatos visando reduzir a perda de água pela transpiração, acarretando em diminuição na taxa fotossintética, além de aumentar a resistência à difusão de CO_2 . Entretanto, constata-se que as plantas submetidas as combinações de adubação C1 e C2 tiveram maior g_s em relação a C3 e C4 em todos os níveis de CEa, indicando que o fornecimento de tais doses de nitrogênio e potássio às plantas sob estresse salino permite que as mesmas continuem realizando as trocas gasosas e contribuindo com o crescimento das plantas.

Doses excessivas de nitrogênio e potássio podem provocar aumento da salinidade do substrato, pois de acordo com Prazeres et al. (2015), fontes de adubação como ureia e KCl possuem elevado índice salino. Além disso, doses elevadas de N estimulam a extrusão do malato nas células-guardas, causando efluxo de K^+ (SHIMAZAKI et al., 2007) e quantidades insuficientes de K nas células provocam fechamento dos estômatos de forma tardia e seu acúmulo nas raízes pode afetar a absorção de água pela planta (HASANUZZAMAN et al., 2018).

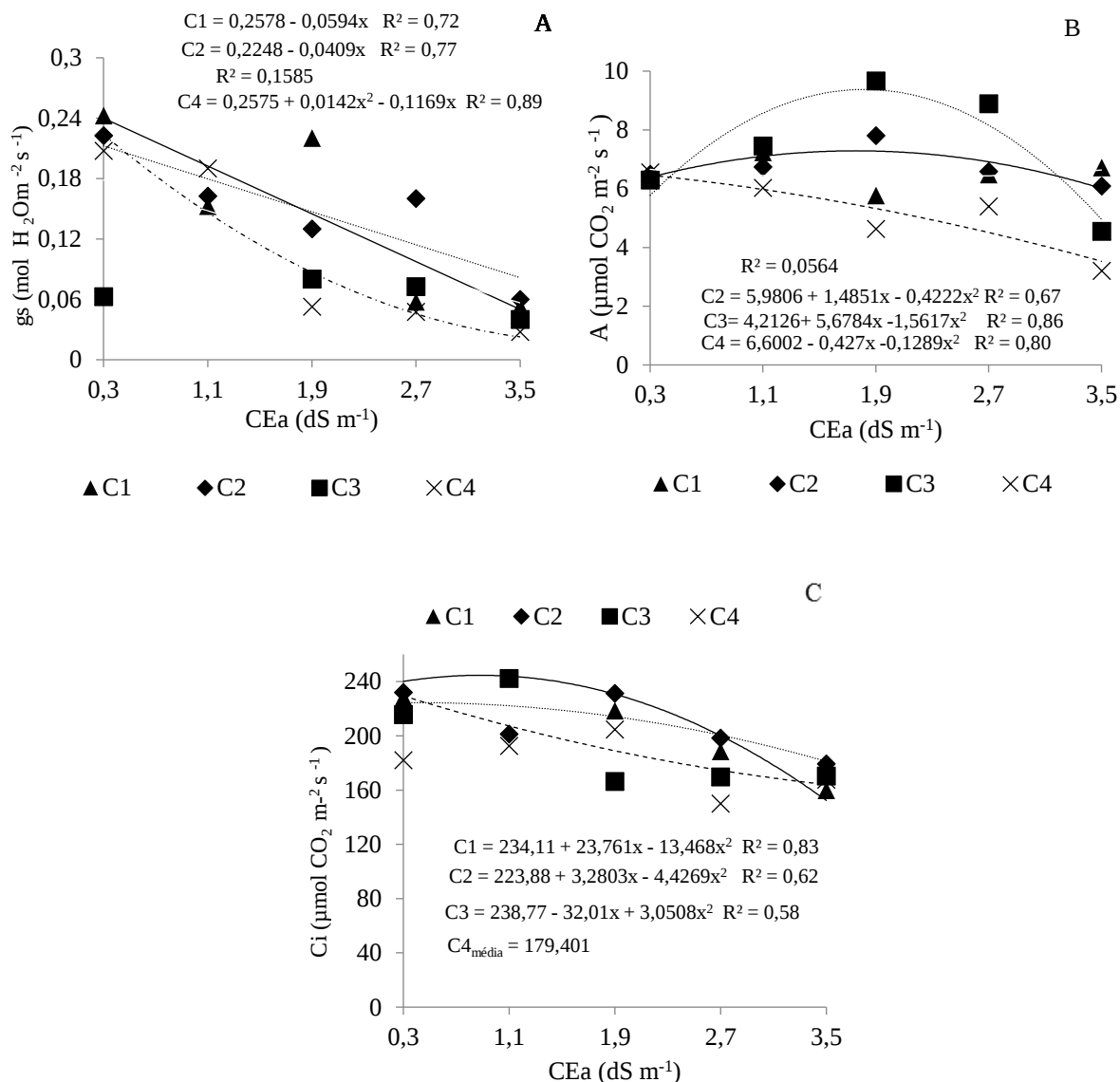
A taxa de assimilação de CO_2 (A) das plantas adubadas com C1 não foi influenciada pelo aumento da salinidade na água de irrigação, obtendo média de $6,511 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Já para a combinação de adubação C2, o comportamento quadrático indicou que o maior valor de $7,285 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, foi obtida na salinidade de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$. Plantas irrigadas com águas de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ promoveram decréscimo na fotossíntese para o menor valor de $6,006 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Em C3, a água de salinidade $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ induziu o maior valor de A para $9,374 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com decréscimo até $4,956 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para uma CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Adubações

com 160%N + 125% K₂O (C4) apresentaram maiores valores para A de 6,460 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em plantas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e menores valores de 3,527 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com aplicação de águas de 3,5 dS m⁻¹, indicando um decréscimo de 14,2% por aumento unitário da CEa.

O decréscimo na taxa de assimilação de CO₂ em função do aumento da salinidade, de forma mais acentuada no manejo de adubação C4, pode ocorrer devido a diminuição da quantidade de gás carbônico fixado, sendo este uma resposta da planta ao estresse salino (DIAS et al., 2018). O incremento da taxa de assimilação de CO₂ para CEa até 1,8 dS m⁻¹ visto nas combinações de adubação C2 e C3, sendo influenciado pelo aumento na síntese de açúcares pela fotossíntese, estimulando o aumento no fluxo de seiva para acelerar a compartimentação de íons tóxicos no vacúolo (SÁ et al., 2015).

A combinação de adubação com incremento de 30% de N e dose recomendada de K (C3) possibilitou maior valor estimado para A dentre todas as combinações estudadas em níveis intermediários de salinidade, pois o potássio exerce função essencial na regulação osmótica e promove manutenção do turgor nas células-guardas ao elevar o potencial osmótico, onde tal mecanismo de aclimação ao estresse hídrico possibilita translocação de fotoassimilados no floema, o que mantém taxas fotossintéticas ideais na planta, evitando que elétrons sejam utilizados para produção de formas reativas de oxigênio (CAKMAK, 2005). Em plantas cultivadas sob baixa doses de K (combinações C1 e C2) pode ocorrer a maior produção de radicais livres devido ao fechamento dos estômatos, reduzindo a fotossíntese (CAKMAK, 2005), pois o estresse salino aliado a baixa disponibilidade de K para a planta pode aumentar a toxicidade pôr Na⁺, diminuindo a relação K⁺/Na⁺ fazendo com que ocorra a formação das EROS, que além de afetar o fechamento dos estômatos pode inibir a atividade fotossintética das plantas, isso faz com que a planta sofra danos oxidativos e na membrana celular (ABDELGAWAD et al., 2016).

Na figura 2C verifica-se que o efeito da salinidade da água de irrigação em cada combinação de adubação NK promoveu efeito quadrático sobre a Ci para as combinações C1 (70%N + 50% K₂O), C2 (100%N + 75% K₂O) e C3 (130%N + 100% K₂O). Não houve influência no aumento da salinidade sobre as plantas adubadas com 160%N + 125% K₂O (C4), obtendo média de 179,401 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A concentração interna de CO₂ das plantas adubadas com a combinação de adubação C1, obteve maior valor de 244,545 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no nível de CEa de 0,9 dS m⁻¹ e menor valor (152,133 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na CEa de 3,5 dS m⁻¹.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O.

Figura 2. Condutância estomática – gs (A), taxa de assimilação de CO₂ – A (B), concentração interna de CO₂ – Ci (C), de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.

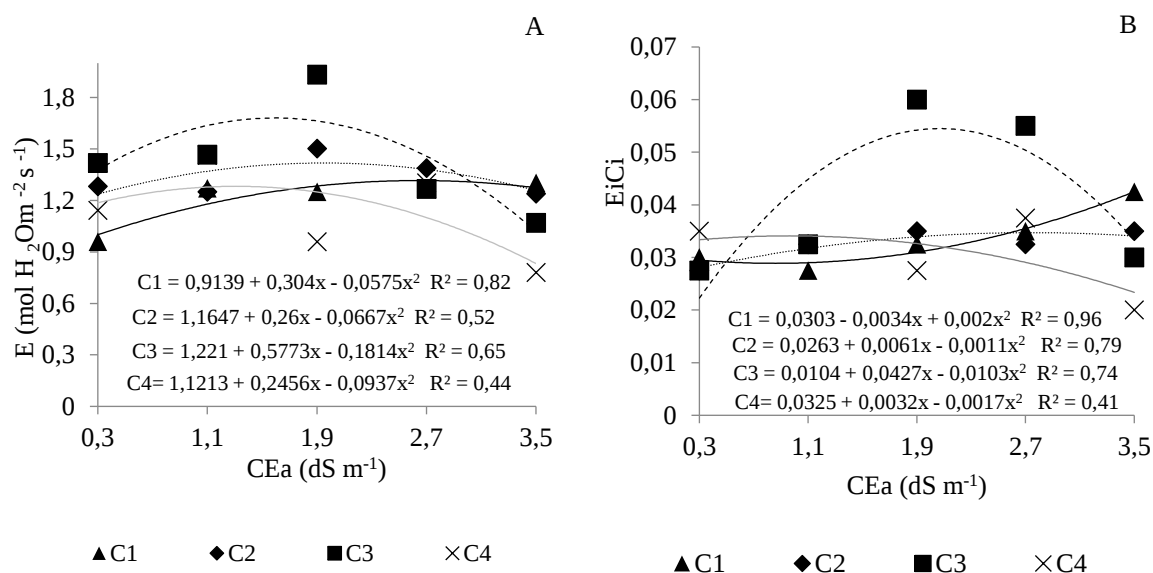
As plantas adubadas com a combinação C2 apresentaram maiores e menores valores para Ci de 224,483 e 181,131 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, para os níveis de salinidade de 0,4 e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente. Com relação a combinação de adubação C3 houve diminuição dos valores de Ci com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde níveis salinos de 0,3 dS m⁻¹ apresentaram os maiores valores (229,441 μmol m⁻² s⁻¹) e menores valores de 164, 107 μmol m⁻² s⁻¹ para CEa de 3,5 dS m⁻¹.

A diminuição na Ci pode ter ocorrido devido ao consumo de CO₂ pela enzima RuBP carboxilase-oxigenase (RuBisCO) durante o ciclo de Calvin podendo nessa condição também

capturar O_2 , dando origem a fotorrespiração, atividade na qual há o desperdício de energia e diminuição da síntese de açúcar, tal condição ocorre mais frequentemente quando os estômatos estão fechados (ASHRAF; HARRIS, 2004). Nesse caso, a redução de C_i na goiabeira pode ser atribuída aos menores valores encontrados na condutância estomática, sendo essa uma resposta das plantas a condição de estresse salino (OLIVEIRA et al., 2017).

Bezerra et al. (2018) avaliando a produção de goiabeira Paluma, observaram que aos 180 dias após o transplântio os valores da concentração interna de CO_2 apresentaram efeito linear, com decréscimo de 4,9% por incremento unitário de CEa, com redução de 15,9% em plantas irrigadas com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ se comparada com aquelas irrigadas com $0,3 \text{ dS m}^{-1}$.

Quanto à transpiração (E), houve comportamento quadrático sobre o efeito da salinidade em cada combinação de adubação NK estudada (Figura 3A). O manejo de adubação C1 apresentou valor mínimo de $0,999 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para uma salinidade de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e transpiração máxima de $1,315 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a uma CEa de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$. Para os demais manejos foi verificado valores máximos de transpiração sob os níveis de CEa 0,3; 1,6 e 1,3 dS m^{-1} nos tratamentos C2, C3 e C4, obtendo valores de 1,237; 1,680 e 1,283 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Os menores valores de E foram de 1,165 (C2); 1,019 (C3) e 0,8359 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (C4) para CEa de 1,9; 3,5 e 3,5 dS m^{-1} .



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O.

Figura 3. Transpiração – E (A) e eficiência instantânea de carboxilação – $EiCi$ (B) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação aos 125 dias após o semeio.

O aumento da salinidade induziu decréscimo na transpiração (E) para a maioria dos tratamentos estudados, diminuindo a absorção de água pelas raízes. Ao reduzir a entrada de água pelo sistema radicular, a planta inibe também a entrada de maior quantidade de elementos que podem causar toxicidade por íons específicos, tais como Na^+ e Cl^- (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014). A redução da transpiração é um mecanismo da planta como consequência do fechamento dos estômatos (Figura 1A). A transpiração é um processo no qual ocorre a energia, na forma de calor latente é transferida da folha para o ar (TAIZ; ZEIGER, 2013), sendo um mecanismo de aclimação da planta ao estresse salino (SOUSA et al., 2016).

A maior taxa de transpiração verificada nas plantas adubadas com a combinação de adubação C3 sob uma CEa estimada de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ pode ter relação entre a concentração de potássio nas células guardas, a abertura dos estômatos e a taxa de assimilação de CO_2 (Figura 1B). Milford e Johnston (2007) descrevem que o K desempenha função essencial na abertura e fechamento dos estômatos, transpiração e fotossíntese das células vegetais, além de melhorar a difusividade do CO_2 no mesófilo foliar e estimular a atividade da enzima RUBisCO.

Bezerra et al. (2018) não identificaram efeito significativo das diferentes doses de nitrogênio sobre a transpiração aos 180 dias após a poda de frutificação para a goiabeira cv. Paluma. Alvarenga et al. (2019) verificou que a combinação de adubação 70%N + 50% K_2O da dose recomendada apresentou os maiores valores para transpiração em plantas de aceroleira aos 200 dias após o transplante. No presente estudo a combinação 130%N + 100% K_2O apresentou melhores resultados para transpiração a uma CEa estimada de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$.

Bezerra et al. (2018) observaram efeito linear decrescente para a transpiração da goiabeira com o aumento da salinidade na ordem de 23,41% ($0,74 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) se comparadas as plantas irrigadas com CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$. Gonçalves et al. (2010) citam que existe uma estreita relação entre g_s e E , pois o fluxo de vapor de água para atmosfera reduz quando os estômatos estão fechados, desencadeando assim um processo de redução na transpiração em função da diminuição da condutância estomática.

De acordo com a regressão quadrática (Figura 3B), o manejo de adubação C1 (70%N + 50% K_2O) apresentou valor mínimo para E_iC_i de 0,0289 para uma CEa de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, e um valor máximo de 0,043 em uma CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. O tratamento C2 obteve resultados máximos e mínimos estimados de 0,035 e 0,0263 para salinidades da água de irrigação de 2,8 e $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. No uso das doses C3 e C4 constata-se os maiores valores para E_iC_i correspondentes a 0,0546 e 0,034 atingidos a uma CEa de 2,1 e $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ nas respectivas combinações de adubação, e menores valores (0,0104 e 0,0229) a um nível de 0,3 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ da água de irrigação.

Redução nos valores da $EiCi$ (A/Ci) em condição de estresse salino estão relacionados com o aumento da Ci e a diminuição da fotossíntese (A) devido à baixa eficiência da enzima Rubisco na carboxilação do CO_2 (TAIZ et al., 2017).

A elevação de Ci em plantas sob estresse salino é provocado pela não fixação do CO_2 na fase carboxilativa, chegando nas células do mesofilo devido às restrições metabólicas no ciclo de Calvin (SOUSA et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2015), reduções em A possibilitam que a $EiCi$ diminua, reduzindo a disponibilidade de ATP, NADPH e substrato para a Rubisco. Maiores valores da $EiCi$ encontrados nas combinações de adubação C1, C2 e C3 para uma elevada CEa mostra que as plantas de goiabeira podem ter apresentado maior disponibilidade de CO_2 no mesofilo para ser carboxilado ou maior taxa de assimilação de CO_2 (PEREIRA et al., 2020).

O nitrogênio compõe as proteínas que pertencem a fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese, além de participar da formação de ATP, NADPH (fase fotoquímica), Rubisco e RuBPCase (fase bioquímica)

Avaliando a doses de N e K para a produção de bananeira, Melo et al. (2009) constataram alta correlação entre a taxa fotossintética e a Ci , onde em plantas com aplicação de N aumentou-se a eficiência instantânea de carboxilação se comparado com aquelas que não receberam a adubação nitrogenada. Entretanto, o aumento excessivo na aplicação de N reduziu os valores da $EiCi$, assim como nas plantas de goiabeira adubadas com a combinação C4, o excesso de nitrogênio provocou maior redução na $EiCi$ a partir de uma CEa de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, devido à redução na taxa de assimilação de CO_2 (Figura 2B) provavelmente em função da diminuição da atividade da Rubisco oxigenase e diminuição da carboxilase.

Avaliando o resumo da análise da variância na Tabela 3 é possível identificar interação significativa ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$) entre os níveis de salinidade da água de irrigação e as combinações de adubação nitrogenada e potássica (NK) sobre a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s) e para taxa de transporte de elétrons (ETR). O efeito isolado da salinidade da água de irrigação foi significativo ($p \leq 0,05$) para a fluorescência variável (F_v) e fluorescência máxima (F_m) da clorofila a.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente a eficiência instantânea no uso de água ($EiUa$), taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência variável (F_v) e fluorescência máxima (F_m) da clorofila a, realizados aos 125 DAS em mudas de goiabeira cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		ETR	Fs	Fv	Fm
Níveis salino (S)	4	1457,437**	8055,332**	38372,881*	65394,278*
Reg, Linear	1	4752,291**	25687,411**	113565,255*	183059,547**
Reg, Quadrática	1	641,018*	5633,349**	5015,692 ^{ns}	9972,718 ^{ns}
Doses de NK	3	898,055**	3635,154**	54135,408*	33982,300 ^{ns}
Interação (SxNK)	12	301,815*	2214,915**	18221,933 ^{ns}	22042,289 ^{ns}
Blocos	3	171,985 ^{ns}	249,969 ^{ns}	10362,544 ^{ns}	24630,811 ^{ns}
CV (%)		41,71	20,03	9,45	8,49

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação.

Analizando a interação entre salinidade da água de irrigação e combinação de adubação NK sobre a taxa de transporte de elétrons (ETR) aos 125 DAS, observa-se (Figura 4A) melhor ajuste dos dados em regressão quadrática pelo aumento da CEa para todos os tratamentos estudados.

O manejo de adubação C1 (70%N + 50% K₂O) apresentou valor máximo para ETR de 35,680 em uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ e valor mínimo de 9,537 para uma CEa de 3,5 dS m⁻¹. O tratamento C2 obteve resultado máximo estimados de 48,126 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ao nível da CEa de 0,3 dS m⁻¹ e valor mínimo de 16,886 para uma salinidade de 2,3 dS m⁻¹. No uso das doses C3 e C4 constata-se os maiores valores para ETR correspondentes a 54,126 e 34,658 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, atingidos a uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ nas respectivas combinações de adubação, e menores valores (17,499 e 28,631) a um nível de 3,5 e 2,4 dS m⁻¹ da água de irrigação, representando respectivamente uma redução de 21,1 e 8,3% por aumento unitário de CEa. Verifica-se que a combinação de adubação 130%N + 100%K₂O (C3) apresentou maior valor estimado de ETR a uma salinidade de 0,3 dS m⁻¹, já a combinação 160% N + 125%K₂O (C4) foi a que indicou melhores resultados com o incremento de sais a partir de 2,7 dS m⁻¹.

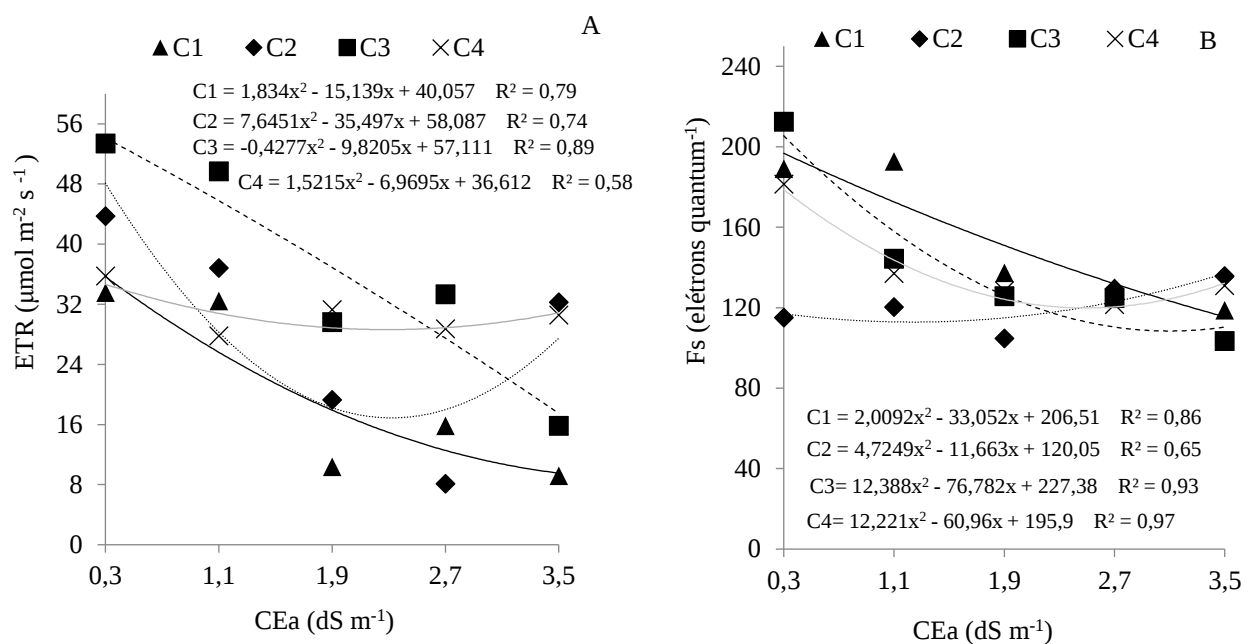
O maior incremento da adubação com NK (combinação C4) contribuiu para maior tolerância das mudas de goiabeira devido a maior eficiência no transporte de elétrons, possivelmente pelo menor acúmulo de Na⁺ e Cl em detrimento do aumento da razão K⁺/Na⁺ nos tecidos foliares das plantas, pois de acordo com Tighe-Neira et al. (2018), o potássio está envolvido na fluorescência da clorofila, importante variável envolvida nos processos fotossintéticos. Já o nitrogênio aplicado em doses adequadas pode favorecer o aumento da taxa de transporte de elétrons fotossintéticos do centro de reação PSII, podendo promover melhor direcionamento do fluxo de elétrons para que esses participem da carboxilação da Rubisco, aumentando a taxa fotossintética (ZHANG et al., 2011).

Tatagiba et al. (2014) citam que tal processo causa a inativação dos transportes de elétrons fotossintéticos, podendo provocar inativação irreversível da via ETR por proteínas. O decréscimo de ETR evidencia que a cultivar estudada, em condição de estresse salino, não consegue manter o fluxo normal do transporte de elétrons nos cloroplastos (GHANNOUM et al., 2003)

Para a Figura 4B, o efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação NK foi observado efeito quadrático sobre a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs) em todos os manejos de adubação avaliados. As doses de 70% N + 50% K₂O (C1) e 100% N + 75% K₂O (C2) promoveram maiores resultados estimados sobre a Fs (199,98 e 137,109) obtidos nos níveis de CEa de 0,3 e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente, e valores mínimos estimados de 115,447 e 112,858 a CEa de 3,5 e 1,2 dS m⁻¹ para respectiva combinação de adubação. Em relação as combinações C3 e C4, elas apresentaram maiores resultados (205,460 e 178,711) para uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ e menores valores (108,404 e 119,88 elétrons quantum⁻¹) para CEa de 3,1 e 2,5 dS m⁻¹, respectivamente.

Segundo Baker e Rosenqvist (2004), a fluorescência inicial é um importante parâmetro para avaliar a capacidade de oxidação da quinona (QA), espécie que é receptora primária de elétrons no P680. Com exceção do tratamento C2, todos os outros tiveram seus menores valores de Fs alcançados em plantas submetidas à elevados níveis de CEa, sendo este um indicativo da ocorrência de injúrias no centro de reação do PSII (P680) ou transferência da energia da excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação provavelmente devido a diminuição do potencial hídrico nas folhas (AZEVEDO NETO et al, 2011; LIMA et al., 2019).

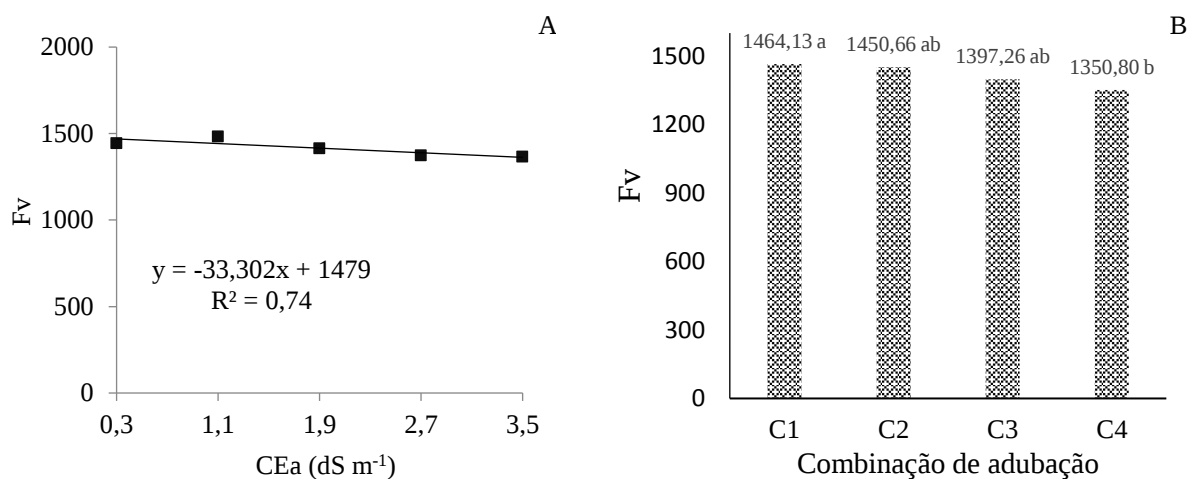
Silva et al. (2020a) identificaram que a combinação de adubação 70%N + 50% K₂O para a aceroleira aumentou os parâmetros de fotossíntese e pigmentos fotossintéticos nas plantas entre 420 e 550 dias após o transplantio. Silva et al. (2020b) verificaram que a mesma dose de NK favoreceu a atividade de trocas gasosas e maior crescimento das plantas de aceroleira a partir dos 170 dias após o transplantio.

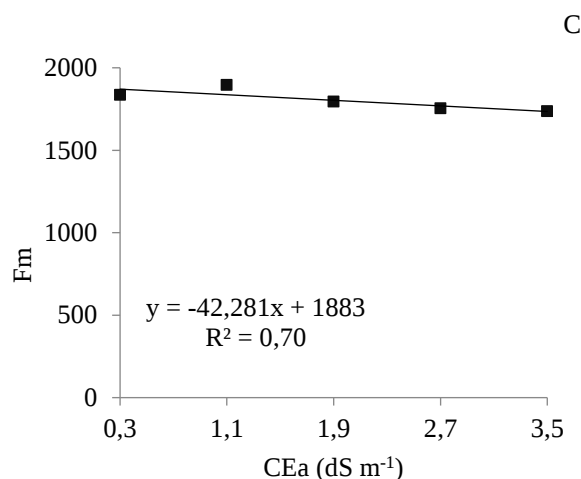


C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O.

Figura 4. Taxa de transporte de elétrons – ETR (A) e fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs (B) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação aos 125 dias após o semeio.

O incremento da salinidade da água de irrigação provocou efeito linear decrescente de 2,25% por aumento unitário na CEa sobre a fluorescência variável (Fv) aos 125 DAS (Figura 5A). As mudas irrigadas com CEa de 3,5 dS m⁻¹ apresentaram redução na Fv de 7,20 % ou 78,667 elétrons quantum⁻¹ em comparação com as mudas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹.





C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 5. Fluorescência variável – Fv em função de salinidades da água de irrigação (A) e de combinações de adubação NK (B) e fluorescência máxima – Fm (C) de mudas de goiabeira em função da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação aos 125 dias após o semeio.

A fluorescência variável indica a capacidade da transferência de energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr), fazendo com que ocorra um aumento na capacidade de assimilação de CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (TATAGIBA et al., 2014; DIAS et al., 2018). Sendo assim, o aumento da CEa diminuiu o transporte de elétrons utilizados no processo de fotossíntese em mudas de goiabeira.

Os maiores valores da Fv nas mudas de goiabeira (Figura 5B) foram observados em plantas adubadas com a combinação C1 (70% N + 50% K₂O), seguidas das plantas que receberam C2 (100%N + 75% K₂O) e C3 (125%N + 100%K₂O) onde as médias não diferiram estatisticamente. As plantas adubadas com a combinação C4 (160%N + 125%K₂O) apresentaram menores valores para Fv. Sendo assim, plantas adubadas com a combinação C1 (70%N + 50% K₂O) apresentaram maior capacidade de produção de NADPH, ATP e Fdr.

Possivelmente pode ter ocorrido maior desequilíbrio nutricional e intensificação do efeito osmótico nas combinações C3 e C4, diminuindo a absorção de água devido as altas doses de ureia e KCl, formas de adubação que possuem alto nível salino (BORGES; SILVA, 2011). Resultados semelhantes foram observados por Dias et al. (2018) e Silva et al. (2021), onde o

incremento da adubação potássica intensificou o estresse salino para a produção de aceloreira e mini-melancia, respectivamente, havendo danos na fluorescência variável à medida que a dose de K aumentou.

Sá et al. (2019) identificou que o incremento de 40% de N se comparado com a dose controle estimulou a fluorescência variável em plantas de aceloreira, aumentando em 12,17%, fato que não foi verificado em plantas de goiabeira, onde o aumento da adubação NK reduziu os valores de Fv de goiabeira irrigada com diferentes salinidades da água de irrigação aos 125 dias após o semeio.

Para a Figura 5C, o aumento da salinidade da água promoveu redução linear na fluorescência máxima (Fm) das mudas de goiabeira, provocando diminuição de 2,24% por aumento unitário da CEa, onde a diferença entre as plantas irrigadas com água de maior salinidade (3,5 dS m⁻¹) e de menor CEa (0,3 dS m⁻¹) foi de 7,18% ou 98,583 elétrons quantum⁻¹.

A redução da Fm provocada pelo estresse salino indica que houve uma diminuição na atividade da clorofila a. Tal condição ainda diminui a produção de energia e poder redutor, afetando negativamente o funcionamento da RuBisCO no processo de carboxilação do CO₂ (TAIZ et al., 2017; SÁ et al., 2019). A fluorescência máxima é uma variável que indica o estado em que os centros de reações do PSII atingem sua capacidade máxima, explicitando que a quinona (QA) foi reduzida pelos elétrons transferidos a partir do P680 com o aumento da salinidade (SÁ et al., 2019).

A diminuição da Fm afeta a Fv (energia potencialmente ativa no PSII) (Figura 5A), onde tal redução indica deficiência na fotorredução da quinona A, afetando o fluxo de elétrons entre o fotossistema I e II na membrana dos tilacoides, o que compromete a eficiência fotoquímica (SILVA et al., 2017; SÁ et al., 2019).

Silva et al. (2020a) observaram redução linear em plantas de acerola da fluorescência máxima e variável da clorofila a, com diminuição de 3,57 e 4,62%, respectivamente, por incremento unitário na CEa.

4 CONCLUSÕES

A combinação de adubação 130%N + 100% K₂O promove maiores valores estimados para as variáveis taxa de transporte de elétrons, fluorescência inicial antes do pulso de saturação e para a taxa de assimilação de CO₂, transpiração eficiência instantânea de carboxilação a uma CEa média de 1,3 dS m⁻¹.

A dose combinada de 70%N + 50%K₂O foi mais efetiva na fluorescência variável, promovendo melhores resultados em plantas de goiabeira cv. Paluma.

A água de irrigação com CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ reduza fluorescência variável e fluorescência máxima em mudas de goiabeira cv. Paluma.

REFERÊNCIAS

- Abassi, JA; Gandahi, AW; Salim, M.; Bhatti, SM; Bughio, ZR Crescimento e Desenvolvimento de Mudas de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Contra Água Salinizada com Cloreto de Sódio. Paquistão J. Agric. Eng. Veterinario. Sci. v.1072, p. 81-85. 2018
- Abdelgawad, H.; Zinta, G.; Hegab, M.M.; Pandey, R.; Asard, H.; Abuelsoud, W. High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. *Frontiers in plant Science*, v. 7, p. 276, 2016.
- Alvarenga, C.F.S., Silva, E.M., Nobre, R.G., Gheyi, H.R., Lima, G.S., Silva, L.A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42: p. 194-205, 2019.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728. 2013.
- Ashraf, M.; Harris, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v.166, p.3-16. 2004.
- Azevedo Neto, A. D.; Pereira, P. P. A.; Costa, D. P.; Santos, A. D. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. *Ciência agronômica*, v.42, p.893-897, 2011
- Baker, N. R.; Rosenqvist, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1607-1621, 2004.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; Azevedo, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*. Londrina, v. 39, n. 5, p. 1945, 20 set. 2018. Universidade Estadual de Londrina.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Sousa, L. P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n.1, p. 32-37, 2018.
- Bonifacio., B. F.; Nobre., R. G.; S., A. Sousa.; G., E. M. Gomes; Sousa, Leandro de P.; S., E. M. Silva. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 4, p. 971-980, jun. 2018.

- Borges, A. L.; Silva, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 253-264, 2011.
- Cakman, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.168, p.521-530, 2005.
- Corrêa, M. C. M.; Prado, R. M.; Natale, W.; Pereira, L.; Barbosa, J. C. Respostas de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Silva, F. A. Da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. *Revista irriga*, v. 23, n.2 p. 220-234, 2018a.
- Dias, A. S.; Lima, G. S.; SÁ, F. V.; Gheyi H. R.; Soares, L. A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 9, p. 628-633. 2018b
- Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. *Ciências Agrárias*, v. 33, suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- Ferreira, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*. v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 990, p. 87-92, 1989.
- Ghannoum, O.; conroy, J.P.; Driscoll, S.P.; Paul, M.J.; Foyer, C.H.; Lawlor, D.W. Nonstomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C₄ grasses. *New Phytologist*, v.159, p.599-608, 2003.
- Gonçalves, E. R.; Ferreira, V. M.; Silva, J. V.; Endres, L.; Barbosa, T. P.; Duarte, W. de G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.4, p.378-386, 2010.
- Gurgel, M. T.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Santos, F. J. S.; Nobre, R. G. Crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira irrigados com águas salinas. *Revista Caatinga*, v.20, n.2, p.24-31, 2007.

- Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, M H M B.; Nahar, K.; Hossain, M. S.; Mahmud, J. A; Hossen, S.; Masud, A. A. C.; Moumita; Fujita, M.. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Mdpi*, v. 31, n. 1, p. 1-29, 2018.
- Hou, W., Yan, J., Jákli, B., Lu, J., Ren, T., Cong, R., & Li, X.. Efeitos sinérgicos do nitrogênio e potássio nas limitações quantitativas da fotossíntese em arroz (*Oryza sativa* L.). *Jornal de Química Agrícola e Alimentar*, v. 66, n. 20, ,p. 5125-5132. 2018
- Lima, G. S. de; Dias, A. S; Soares, L. A dos; Gheyi, H. R; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciencias Agrarias*, v. 1, n. 42, p. 214-225, 2019.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo ‘GAT’ nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- Melo, A. S.; Silva Junior, C. D.; Fernandes, P. D.; Sobral, L. F.; Brito, M. E. B.; Dantas, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. *Ciência Rural*, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.
- Milford, G.F.J.; Johnston A. E. Potassium and nitrogen interactions in crop production. *Proceedings International Fertiliser Society*, p. 615, 2007.
- Murmu, S.B.; Mishra, H.N. Post-harvest shelf-life of banana and guava: Mechanisms of common degradation problems and emerging counteracting strategies. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol*, v. 49, p. 20–30. 2018.
- Nóbrega, E. P.; Sarmento, M. I. de A.; Rodrigues, M. L. de M.; Oliveira, P. R. R.; Ferreira Neto, J.; Maracajá, P. B. Desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira irrigadas com diferentes tipos de água. *Revista Agroecologia no semiárido*, v. 1, n. 2, 2017.
- Oliveira, W. J. de; Souza, E. R. de; Cunha, J. C.; Silva, E. F. F.; Veloso, V. de. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.1, p.32-37, 2017.
- Pedrotti, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. P. N.; Lucas, A. A. T.; dos Santos, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- Pereira, E. R. de L.; Medeiros, M. B.; Suassuna, J. F.; Moraes, V. M. M.; Fernandes, H. F.; Lima, A. S; Costa, N. S.; Fernandes, P. D. Resposta fisiológica do algodão colorido em estresse salino. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 16, p. 653-664, 2020
- 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 Agroambiente*, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p.

- Sá, F. V. D. S.; Souto, L. S.; Paiva, E. P.; Torres, S. B.; Oliveira, F.A de; Initial development and tolerance of pepper species to salinity stress. *Revista Caatinga*, v.32, n.3, p. 826-833, 2019.
- Sá, F. V. da S.; Brito, M. E. B.; Pereira, I. B.; Antônio Neto, P.; Silva, L. de A.; Costa, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irriga*, v.20, n.3, p.544-556, 2015.
- Shimazaki K.; Doi M.; Assmann S. M.; Kinoshita T. Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology*, v. 58, p. 219–247, 2007.
- Silva, E. M., Gheyi, H. R., Nobre, R. G., Barbosa, J. L., Oliveira, V. K. N., Silva, L. de A. Photosynthesis and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under nitrogen/potassium fertilization. *Comunicata Scientiae*, e3155, p. 1-11, 2020a.
- Silva, E. M.; Nobre, R. G; Gheyi, H. R; Lima, G. S; Barbosa, J. L; Pimenta, T. A; Fátima, R. T; Elias, J. J. Growth and gas exchange of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2020b.
- Silva, F. G.; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; Oliveira, I. M.; Filgueiras, L. M. B.; Melo, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p. 946-952, 2015.
- Silva, F. L. B. Lacerda, C. F.; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G.; Sousa, C. H.C.; Ferreira, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. *Irriga*, v.18, n.2, p.304-317, 2013.
- Silva, F. L. B.; Lacerda, C. F.; Sousa, G. G.; Neves, A. L. R.; Silva, G. L.; Sousa, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.
- Silva, S. S.; Lima, G. S. de.; Lima, V. L. A. de.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Quantum yield, photosynthetic pigments and biomass of mini-watermelon under irrigation strategies and potassium. *Revista Caatinga*, v. 34, n. 3, p. 659-669, 2021.
- Sousa, J. R. M. de.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Xavier, D. A.; Furtado, G. F. de. Trocas gasosas e produção de citros irrigados com águas salinas e adubação nitrogenada. *Revista Caatinga*, v.29, n.2, p.415-424, 2016.
- Souza, P.S.; Nobre, R.G.; Silva, E.M.; Lima, G.S.; Pinheiro; F.W.A.; Almeida; L.L.S.; Formation of ‘Crioula’ guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.20, n.8, p.739- 745, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p739-745>
- Syvertsen, J. P.; Garcia-Sanchez, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, v. 103, n.1, p.128-137, 2014.

- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas à crescentes concentrações salinas. Engenharia na agricultura, v.22, p.138-149, 2014.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, p. 574, 2017.
- Tighe-Neire, R.; Alberdi, M.; Arce-Johnson P.; Romero-Romero, J. L. Role of potassium in governing photosynthetic processes and plant yield. In: Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Springer, p. 191- 203, 2018.
- UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido. <https://caraubas.ufersa.edu.br/estacao-meteorologica-caraubas>. 02 Set. 2021.
- Zhang X. C.; Yu X. F.; Ma, Y. F. Effects of nitrogen application and elevated atmospheric CO₂ on electron transport and energy partitioning in flag leaf photosynthesis of wheat. The journal of applied ecology, p. 673-680, 2011.

CAPÍTULO V

MORFOLOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOLA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

MORFOLOGIA DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOLA IRRIGADA COM ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO

O déficit hídrico na região semiárida é um fator limitante para a agricultura, necessitando da utilização de águas com elevada condutividade elétrica para irrigação, onde a adubação nitrogenada e potássica pode ser uma alternativa para mitigar o efeito dos sais nas culturas. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar o efeito de diferentes níveis salinos da água de irrigação e doses de N e K sobre o crescimento e qualidade de mudas de goiabeira Criola. O experimento foi conduzido em áreas experimentais da UFRSA, campus Caraúbas, instalado em delineamento em blocos casualizados e analisados no esquema fatorial 5×4 , com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação do fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m^{-1} ; com o fator combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O), sendo C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3 = 130% N + 100% K_2O e C4 = 160% N + 125% K_2O , sendo a dose recomendada de 100% de N e de K, respectivamente 541,1 mg de N dm^{-3} de solo e 798,6 mg de K dm^{-3} de solo. As combinações de adubação potássica e nitrogenada, com 70%N + 50% K_2O e 100%N + 75% K_2O das doses recomendadas, promoveram maior crescimento de mudas de goiabeira, genótipo crioulo, obtendo perdas aceitáveis de até 10% no crescimento e qualidade de mudas a uma CEa média de 2,1 dS m^{-1} .

Palavras-chave: *Psidium guajava* L, nutrição, salinização

MORPHOLOGY OF CRIOULA GUAVA SEEDLINGS IRRIGATED WITH GROWING SALINITY WATERS AND NITROGEN/POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT

The water deficit in the semi-arid region is a limiting factor for local agriculture, requiring the use of lower quality water for irrigation, where nitrogen and potassium fertilization can be an alternative to mitigate the effect of salts on crops. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect of different saline levels of irrigation water and doses of N and K on the growth and quality of Crioula guava seedlings in an experiment carried out in experimental areas of UFRSA, Caraúbas campus, installed in a randomized block design and analyzed in a 5 x 4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of the irrigation water electrical conductivity factor (EC_w) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹; with the factor combinations (C) of doses of nitrogen (N) and potassium (K₂O), where C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O and C4= 160% N + 125% K₂O, with the recommended dose of 100% N and K, respectively 541.1 mg of N dm⁻³ in soil and 798.6 mg of K dm⁻³ of soil. The combinations of potassium and nitrogen fertilization, with 70%N + 50%K₂O and 100%N + 75%K₂O of the recommended doses, promoted greater growth of guava seedlings, Creole genotype, obtaining acceptable losses of up to 10% in growth, phytomass and seedling quality at an average EC_w of 2.1 dS m⁻¹.

Keywords: *Psidium guajava* L, nutrition, salinization

1 INTRODUÇÃO

A goiabeira é cultivada em quase todos os países tropicais e subtropicais e grande parte das variedades vendidas na Europa são produzidas na África do Sul e Brasil, destacando-se essencialmente pelas quantidades significativas de fibras, vitaminas, minerais, proteínas e antioxidantes, sendo considerada uma fruteira com características nutracêuticas e alimentícia (ANGULO-LOPEZ et al., 2021)

O clima semiárido é caracterizado pelo déficit hídrico provocado pela baixa precipitação e elevada evapotranspiração, intensificando a condição de salinização do solo em decorrência do uso agrícola para fins de irrigação com águas de qualidade inferior, limitando o crescimento e produtividade das culturas. Em ambientes salinos, ocorrem interações iônicas que afetam a disponibilidade de nutrientes devido ao maior acúmulo de Na^+ e Cl^- , onde a adoção de adubações ajudam a diminuir o desequilíbrio nutricional (SOUZA et al., 2022), sendo o nitrogênio e potássio dois dos principais elementos necessários para melhorar o desenvolvimento das plantas.

Diversos estudos avaliaram a aplicação de águas salinas e adubação na cultura da goiabeira durante as fases iniciais de desenvolvimento (SOUZA et al., 2017; BONIFÁCIO et al., 2018; BEZERRA et al., 2018), pois o incremento na adubação pode ser um mecanismo para diminuir o desequilíbrio nutricional e o efeito osmótico decorrente da salinidade avaliando o efeito de doses de N para mitigar o estresse salino em goiabeira, onde Souza et al. (2017) concluíram que doses de 70% recomendada de N para a goiabeira Crioula estimulou maior crescimento, acúmulo de fitomassa na parte aérea e qualidade de porta-enxertos. Bonifácio et al. (2018) constataram que doses de K acima de $1.161,6 \text{ mg de K dm}^{-3}$ de substrato não atenuaram o efeito dos sais em plantas de goiabeira cv. Paluma, encontrando uma CEa mais deletérias em níveis superiores a $1,9 \text{ dS m}^{-1}$.

Concentrações adequadas de N podem auxiliar na atividade das enzimas, proteínas, síntese de aminoácidos e promover melhor ajuste osmótico em plantas cultivadas em condições de estresse salino (TAIZ et al., 2017). Outrossim, O potássio é considerado um macronutriente extremamente importante por desempenhar funções relacionadas ao ajuste osmótico, turgor e regulação do potencial de membrana, além de atuar na síntese proteica e ativação enzimáticas das plantas sob estresse abiótico (ALMEIDA et al., 2017).

Estudos sobre o efeito atenuante da adubação combinada de nitrogênio-potássio em mudas de goiabeira sob irrigação com águas salinas ainda são incipientes. Sendo assim, o

objetivo do presente estudo foi de avaliar o efeito de diferentes níveis salinos da água de irrigação e doses de N e K sobre o crescimento e qualidade de mudas de goiabeira Crioula

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente telado no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2020, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Centro Multidisciplinar de Caraúbas. As coordenadas geográficas do local são 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m. O clima da região é classificado de acordo com Koppen como BSh, semiárido quente (ALVARES et al., 2013). Os dados climatológicos (Figura 1) foram coletados durante o período de estudo da estação meteorológica automática (EMA) localizada na UFERSA, campus Caraúbas, em área próxima ao local da montagem do experimento (UFERSA, 2022).

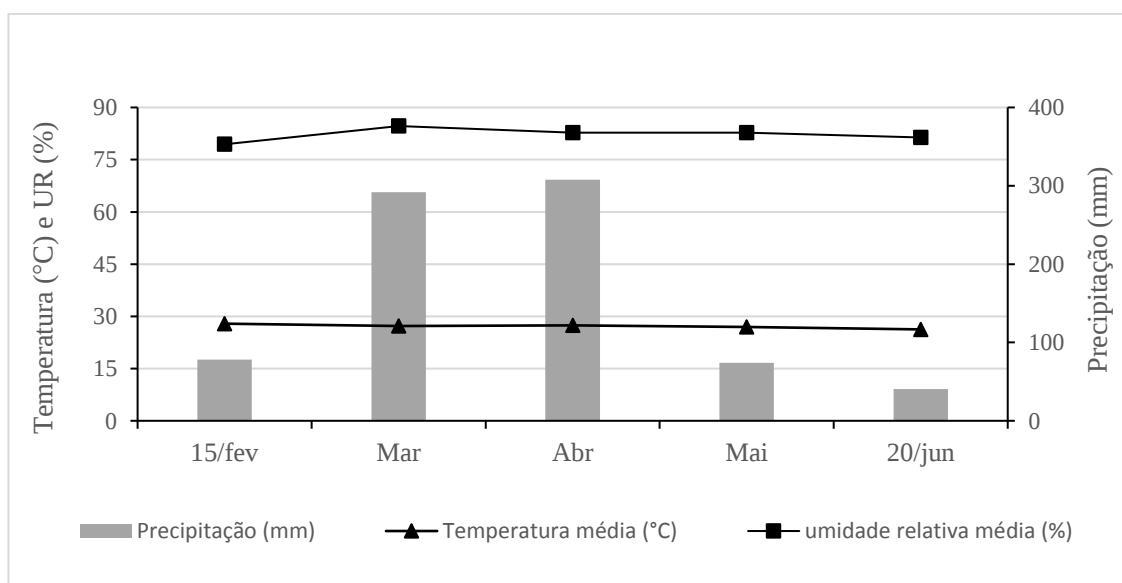


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN (UFERSA, 2022).

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação, com condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo: C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N +

100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O. Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições, onde cada parcela foi constituída por duas plantas.

A recomendação de adubação potássica foi adotada de acordo com Bonifácio et al. (2018), de 798,6 mg de K dm⁻³ de solo, e de 541,1 mg de N dm⁻³ de solo (SOUZA et al., 2017), sendo equivalente às doses com 100% de nitrogênio e potássio, assim, os tratamentos corresponderam as dosagens de N e K, respectivamente (em mg de N e K dm⁻³ de solo) a 378,8 e 399,3; 541,1 e 598,9; 703,4 e 798,6; 865,8 e 998,25. Foram empregados como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de potássio

Os referidos níveis salinos foram selecionados em base de trabalhos recentes que indicam que a goiabeira é considerada moderadamente sensível a salinidade da água de irrigação onde, usando águas de salinidade acima de 1,5 dS m⁻¹ ocorre decréscimo no crescimento, desenvolvimento e produção (FREIRE et al., 2014; BEZERRA et al., 2018). O estudo envolvendo a interação entre níveis de salinidade na água de irrigação com as diferentes combinações de doses de adubação nitrogenada e potássica se devem ao fato de a adubação poder atenuar o efeito do estresse salino.

As águas de irrigação dos tratamentos de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹ foram preparadas a partir da adição de de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, introduzidas na água do sistema de abastecimento da companhia local, com uma proporção de sal igual a 7:2:1, respectivamente, seguindo a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) proposta por Rhoades et al. (1992). Tal proporção de sais foi adotada seguindo a condição predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação na região nordestina (MEDEIROS, 1992).

O genótipo Crioulo foi escolhido por ser considerado um material vegetal rústico, adaptado as condições de clima e solo do semiárido nordestino, sendo bastante utilizado na produção de porta-enxerto em viveiros de produção de muda nesta região (CAVALCANTE et al., 2005).

O semeio foi realizado em sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, sendo preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, conforme a seguinte proporção 2:2:2:1. As sacolas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo. A drenagem do excedente de água foi feita através de furos na base das sacolas e em cada uma foram semeadas três sementes a 1,0 cm de profundidade. O desbaste foi realizado após a estabilização da emergência e quando as plantas estiverem com dois pares de folhas definitivas, deixando na sacola apenas a planta, a que apresentar maior crescimento.

Seguindo as metodologias propostas por Teixeira et al. (2017) no início do experimento foram analisadas as características químicas e físico-hídricas do substrato e do material do solo, onde os atributos físicos e químicos do material utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira Crioula. UFERSA, 2021.

Areia			Silte		Argila		Classificação textural		CE dS m ⁻¹	pH H ₂ O	M.O	
-----%-----											g kg ⁻¹	
44,7			41,1		14,3		Franca		0,68	6,03	37	
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	T	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----										-----%-----	
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

Durante o período experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 30 dias após o semeio (DAS), as plantas foram irrigadas com água (abastecimento local) de CEa igual a 0,3 dS m⁻¹ e, após esse período, foram irrigadas com água conforme os respectivos tratamentos. O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo lisimetria de drenagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo.

Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal. Também foi realizado adubações foliares (N - 10%, P₂O₅ - 52%, K₂O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) realizada aos 45 DAS e a cada 60 dias em uma proporção de 1g de adubo para 1 L de água que foram aplicados através de um pulverizador costal, distribuindo 5 L nas plantas. Para mitigar os prejuízos causados pelas pragas e doenças, o controle fitossanitário foi de preventivo e/ou curativo a observar a condução do experimento. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas com a execução de arranquia nas sacolas sempre que foi necessário.

A adubação fosfatada seguiu recomendação de Corrêa et al. (2003), incorporando 100 mg de P dm⁻³ de solo, tendo como fonte o superfosfato simples.

Aos 125 DAS foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento: número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF). Para a realização da contagem do número de folhas foram mensuradas apenas as que apresentam o limbo foliar completamente aberto. O diâmetro do caule foi determinado através de um paquímetro digital, a 3 cm do colo das plantas e a altura de planta medindo-se a distância entre o colo e o ponto de inserção da folha mais nova, utilizando-se de trena graduada em milímetros.

Também foi mensurado a taxa de crescimento relativo e absoluto do diâmetro do caule no intervalo de 85 aos 125 DAS, conforme Benincasa (2003), como está descrito abaixo nas equações 1, 2.

$$TCA_{dc} = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

em que:

DC₁ - Diâmetro caulinar no tempo t₁, mm;

DC₂ - Diâmetro caulinar no tempo t₂, mm;

TCA_{dc} - Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar, mm dia⁻¹.

$$TCR_{dc} = \frac{\ln DC_f - \ln DC_i}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

em que:

DC₁ - Diâmetro caulinar no tempo t₁, mm m⁻¹;

DC₂ - Diâmetro caulinar no tempo t₂, mm mm¹;

TCAdc - Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar, mm mm⁻¹ dia⁻¹.

Ao término do experimento, as folhas e caules das plantas foram separadas das raízes e colocadas em sacolas identificadas previamente para a obtenção da fitomassa seca em estufa com circulação de ar, a 65°C até que seu peso chegue a uma massa constante, onde foi

determinado o acúmulo de fitomassa seca nas folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST) = FSF + FSC + FSR.

Para medição da área foliar, foi considerada a metodologia de Lima et al. (2012) utilizando a equação 3, onde:

$$AF = 0,3205 \times C^{2,0412} \quad (3)$$

Onde:

AF = área foliar (cm²);

C = comprimento da nervura central da folha (cm),

O valor final da área foliar total da planta foi indicado pela soma final das áreas por folha. Para mensurar a qualidade das mudas foi utilizado o índice de qualidade de Dickson (IQD), proposto por Dickson et al. (1960), descrita pela Equação 4.

$$IQD = \frac{(FST)}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (4)$$

Onde:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

FST = fitomassa seca total de planta (g);

AP = altura de planta (cm);

DC = diâmetro do caule (cm);

FSPA = fitomassa seca da parte aérea de planta (g);

FSR = fitomassa seca da raiz de planta (g)

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e estudos de regressão para os níveis de salinidade. As médias dos fatores qualitativos (combinação de adubação nitrogenada e potássica) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

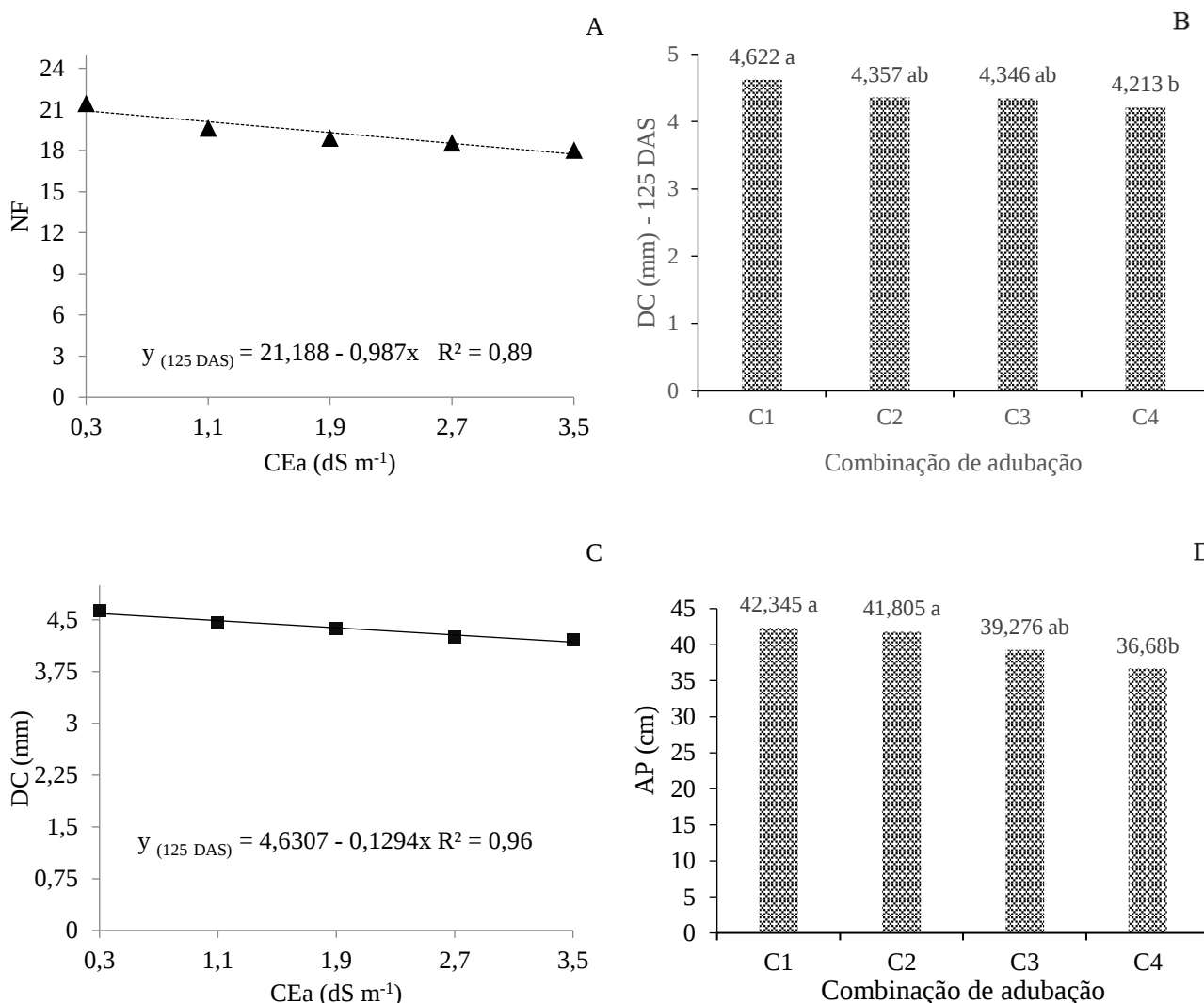
Houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica apenas sobre a variável taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRdc) (Tabela 2). Já as variáveis número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e altura de plantas aos 125 DAS, e taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCAdc) dos 85 aos 125 DAS apresentaram efeito significativo isolado em função dos fatores salinidade da água e combinação de adubação NK. A variável área foliar (AF) não foi afetada de forma significativa por nenhuma das fontes de variação estudadas.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 125 DAS e taxas de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro do caule (TCRdc) realizados dos 85 aos 125 DAS cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NF	AP	DC	AF	TCAdc	TCRdc
			cm	mm	cm ²	mm dia ⁻¹	mm mm ⁻¹ dia ⁻¹
Níveis salino (S)	4	28,005**	48,616 ^{ns}	0,448*	27439,692 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00004*
Reg, Linear	1	99,761**	171,603*	1,714**	88964,982*	0,0001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Reg, Quadrática	1	9,5783 ^{ns}	2,537 ^{ns}	0,0611 ^{ns}	245,764 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,00014**
Doses de NK	3	5,617 ^{ns}	135,334**	0,587*	31766,691 ^{ns}	0,0003*	0,00004 ^{ns}
Interação (S x NK)	12	2,289 ^{ns}	19,495 ^{ns}	0,128 ^{ns}	7988,012 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00003*
Blocos	3	7,191 ^{ns}	76,479*	1,543**	9862,055 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
CV (%)		12,07	12,92	8,85	21,03	57,50	35

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação.

Houve aumento da salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a emissão de folhas das plantas de goiabeira Crioula aos 125 DAS, onde o decréscimo foi de 4,66% por aumento unitário da CEa. Plantas irrigadas com água de salinidade de 3,5 dS m⁻¹ tiveram redução de 14,9% (ou 3,4 folhas) se comparadas com as irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹ (Figura 2A). Denota-se que o mecanismo de redução do NF seja uma adaptação das plantas ao estresse salino, reduzindo a perda de água pela transpiração, mitigando o efeito osmótico dos sais e eliminando os que se acumulam nas folhas (OLIVEIRA et al., 2013).



C1 = 70%N + 50% K₂O; C2 = 100%N + 75% K₂O; C3 = 130%N + 100% K₂O; C4 = 160%N + 125% K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 2. Número de folhas – NF (A), diâmetro do caule – DC (C) de goiabeira crioula em função da condutividade elétrica da água de irrigação e diâmetro do caule (B) e altura de planta – AP (D) em função da combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

Para as combinações de adubação NK, foi verificado (Figura 2B) que a combinação C1 (70% N + 50% K₂O), embora não tenha diferido significativamente dos manejos de adubação C2 e C3, promoveram os maiores valores para o diâmetro do caule em plantas de goiabeira Crioula aos 125 DAS. Se comparar a combinação C1 com a C4, houve um decréscimo de 8,8% em relação ao DC. Tal resultado evidencia que a aplicação de doses superior ao recomendado para a cultura, como a combinação C4 (160%N + 125% K₂O) possivelmente provocou desbalanço nutricional e acúmulo excessivo de NO₃⁻ e de K⁺ no vacúolo celular de folhas e ramos, acarretando em redução no DC.

O fator salinidade promoveu comportamento linear decrescente sobre o diâmetro do caule em mudas de goiabeira, onde o aumento unitário da CEa diminuiu o DC em 2,79%, cuja as plantas cultivadas sob CEa de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ sofreram redução de 8,94% (0,42 mm) em relação às irrigadas com água de CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2C).

Resultados similares foram observados por Abrantes et al. (2017) verificando decréscimo linear provocado pelo incremento de CEa sobre o diâmetro do caule na cultivar Paluma aos 100 DAE, onde o aumento unitário da CEa provocou redução de 2,06% ou 0,46 mm se comparadas as plantas irrigadas com maior salinidade ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) com as de CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. O excesso de sais na zona radicular das culturas pode provocar efeitos deletérios sobre seu crescimento, pois afetará o fluxo de água para o interior da planta e a turgescência das células devido ao efeito osmótico (TAVARES FILHO et al., 2020).

Em relação a combinação de adubação (Figura 2D) foi verificado que os manejos de adubação C1 (70%N + 50% K_2O) e C2 (100%N + 75% K_2O) promoveram maiores médias para a AP, não diferindo estatisticamente da combinação C3. Já a combinação C4 apresentaram os menores valores, onde a combinação C1 e C2 foram superiores em 13,38% e 12,26%, respectivamente, em relação a C4. Tal tratamento com maior incremento nas doses de N e K obteve menores valores da altura de plantas, pode indicar que ocorreu aumento da salinidade no substrato em virtude da aplicação de K_2O e ureia em conjunto com o acúmulo de sais pela aplicação da água de irrigação e desta forma, promoveram redução no crescimento

Avaliando a resposta das plantas a combinação de adubação NK nas variáveis diâmetro do caule (Figura 2B) e altura de planta (Figura 2D), observa-se que os maiores valores da adubação NK pelo manejo de adubação C4 (160%N + 125% K_2O) resultou em menores valores para ambas variáveis. Coelho (2006) cita que a acumulação de nutrientes bem como as exigências nutricionais das culturas varia nas diferentes fases de desenvolvimento das plantas, sendo importante a aplicação de doses corretas para evitar efeito antagônico do excesso de adubação.

Bonifácio et al. (2018) avaliaram que doses crescentes de potássio até 1161,8 mg de K dm^{-3} de substrato não mitigaram o efeito deletério da salinidade sobre as variáveis de crescimento em porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma aos 120 e 225 DAE. Outrossim, doses elevadas de potássio podem exercer efeito negativo sob às plantas, pois a aplicação do fertilizante pode induzir um aumento na salinidade do solo (KAWAVATA et al., 2017). Apesar da constatação do decréscimo no DC, assim como ocorrido no NF, vê-se que a goiabeira crioula pode ser irrigada na fase de produção de mudas com água de CEa média de $2,9 \text{ dS m}^{-1}$, por proporcionar perdas aceitáveis de 10% nestas variáveis (AYERS; WESTCOT, 1999).

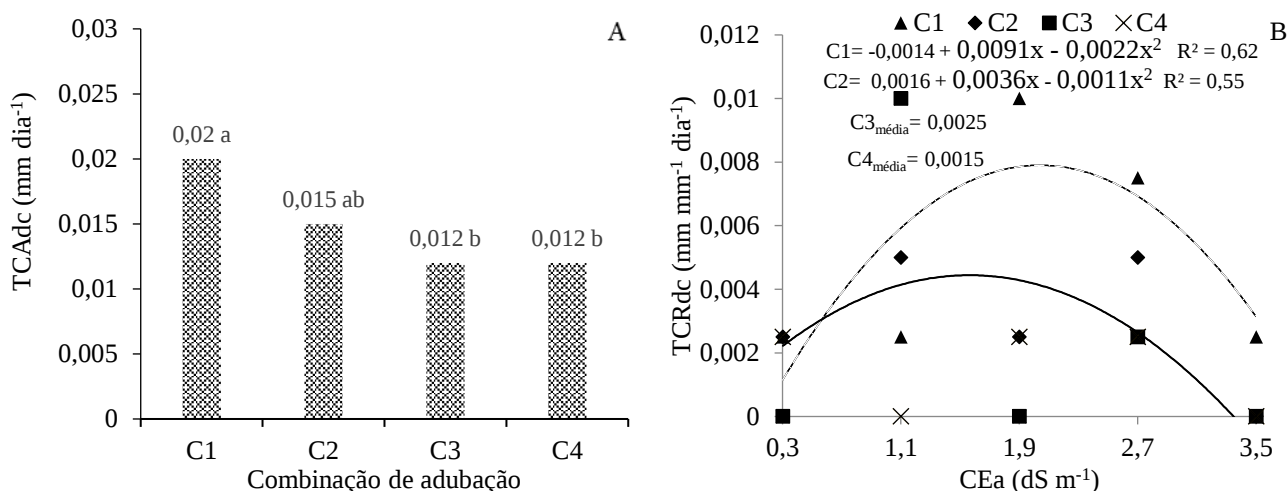
Outrossim, água com CE de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ não afetaram significativamente (Tabela 2) a altura e área foliar das mudas de goiabeira.

A partir da Figura 3A vê-se que as plantas cultivadas sob a combinação de adubação C1 (70% N + 50% K_2O) apresentou maior taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule e, não diferiu estatisticamente de C2, enquanto o tratamento com incremento apenas de adubação nitrogenada acima da dose recomendada (C3) e o tratamento C4 apresentaram menores valores da TCAdc dos 85 aos 125 DAS. Tal resultado indica que o aumento nas doses de N e K podem ter aumentado a salinidade do solo e promovendo menores taxas de crescimento absoluta no diâmetro do caule.

Em relação a adubação nitrogenada, Souza et al. (2017) verificaram que a cada 30% no incremento de N houve redução linear de 7,93% para a taxa de crescimento absoluto no diâmetro do caule, similarmente ao encontrado no presente estudo, onde o aumento incremento de 30% nas doses de N reduziram a TCAdc dos 85 aos 125 DAS.

Na Figura 3B verifica-se o efeito da salinidade da água de irrigação apenas na combinação de adubação NK (C1 e C2) onde o incremento na CEa promove um efeito quadrático sobre a TCRdc quando se utilizou as combinações C1 (70%N + 50% K_2O) e C2 (100%N + 75% K_2O). Não houve influência do aumento da salinidade sobre a TCRdc das plantas adubadas com 130%N + 100% K_2O (C3) e 160%N + 125% K_2O (C4), obtendo média de 0,025 e 0,015 $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. A TCRdc das plantas adubadas com C1 foram afetadas negativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde o maior valor estimado 0,0108 dS m^{-1} foi obtido com uma CEa de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. As plantas adubadas com a proporção 100%N + 75% K_2O apresentaram os maiores e menores valores para TCRdc de 0,0045 e 0,0007 $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para os níveis de salinidade de 1,9 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Os maiores valores foram obtidos para com CEa de 1,9 e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, tais resultados indicam que as combinações C1 e C2 mitigaram os efeitos do estresse salino

Azevedo Neto e Tabosa (2000) citam que a taxa de crescimento relativo é influenciada pela concentração salina, principalmente por íons Na^+ no tecido vegetal, onde em excesso provoca redução no crescimento devido a utilização de substratos energéticos para o equilíbrio osmótico.



C1 = 70%N + 50% K₂O; C2 = 100%N + 75% K₂O; C3 = 130%N + 100% K₂O; C4 = 160%N + 125% K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 3. Taxa de crescimento absoluto TCAdc (A) e relativo do diâmetro caulinar – TCRdc (B) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica de 85 aos 125 dias após o semeio.

Avaliando o resumo da variância (Tabela 3) é possível identificar interação significativa ($p \leq 0,01$) dos níveis de salinidade da água de irrigação e das combinações de adubação nitrogenada e potássica (NK) sobre a massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) e efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação salinidade e combinação de adubação para as variáveis massa seca das folhas (MSF) e massa seca do caule (MSC) aos 125 DAS.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR), seca total (MST) de mudas de goiabeira crioula e índice de qualidade de Dickson (IQD) realizados aos 125 DAS cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada-potássica

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		MSF	MSC	MSR	MST	IQD
		g por planta				
Níveis salino (S)	4	2,281**	0,872**	1,692**	13,202**	0,103**
Reg, Linear	1	3,884**	2,632**	5,073**	34,179**	0,277**
Reg, Quadrática	1	1,310 ^{ns}	0,346 ^{ns}	1,429*	8,584*	0,086*
Doses de NK	3	0,255 ^{ns}	0,222 ^{ns}	1,427**	4,206 ^{ns}	0,064**
Interação (S x NK)	12	1,160*	0,435*	0,706**	4,772**	0,043**
Blocos	3	0,222 ^{ns}	0,264 ^{ns}	0,200 ^{ns}	1,190 ^{ns}	0,028 ^{ns}
CV (%)		18.84	22.47	22.09	15.84	17.66

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação.

A partir da Figura 4A verifica-se efeito da salinidade da água de irrigação apenas para a combinação C1 e C4 onde o incremento na CEa promoveu um efeito quadrático sobre a MSF quando se utilizou as combinações C1 (70% N + 50% K₂O) e C4 (160% N + 125% K₂O). Não houve efeito influência do aumento da salinidade sobre a MSF em plantas adubadas com 100% N + 75% K₂O (C2), com média de 3,78 e a combinação C3 (130% N + 100% K₂O) obtendo média de 3,58 g. A massa seca das folhas em plantas adubadas com a combinação C1 foram afetadas negativamente pelo incremento da CEa, ocorrendo maior valor de 4,573 g, em uma CEa estimada de 0,3 dS m⁻¹, já irrigação com água de salinidade de 3,5 dS m⁻¹ promoveu decréscimo na MSF para o menor valor estimado de 2,79 g por planta.

Em plantas adubadas com a proporção C4 apresentaram comportamento similar às que receberam adubação C1, onde o maior valor para MSF foi de 3,99 g para um nível de salinidade de 1,4 dS m⁻¹ e menor valor (2,89 g por planta) a uma CEa de 3,5 dS m⁻¹. Para uma redução aceitável de até 10% a salinidade encontrada foi de 1,40 dS m⁻¹ para C1 e 2,7 dS m⁻¹ para combinação de adubação C2.

Conforme a Figura 4B vê-se que o efeito da salinidade da água de irrigação em cada combinação de adubação NK apresentou comportamento quadrático em todos os tratamentos estudados, exceto para C2, onde não houve influência significativa do aumento da salinidade sobre a MSC, obtendo média de 2,04 mm. As combinações C1, C3 e C4 foram afetadas negativamente pelo incremento da salinidade, onde os maiores valores estimados foram respectivamente de 9,7 g (0,4 dS m⁻¹); 8,1 g (0,3 dS m⁻¹) e 8,9 g (1,6 dS m⁻¹).

A diminuição da fitomassa seca podem ser consequência do potencial osmótico, pois em ambientes salinizados, além de ocorrer a diminuição na absorção de água ocorre também a inibição da fotossíntese das plantas pela desidratação das membranas celulares, toxicidade por sais, redução do suprimento de CO₂ e alterações das atividades enzimáticas (GUIMARÃES et al., 2017), assim como pode ocorrer a modificação no balanço iônico, fechamento dos estômatos e eficiência fotossintética e alocação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De acordo com a análise de regressão, foi verificado (Figura 4C) efeito significativo para a interação da salinidade da água de irrigação nas combinações e adubações NK, onde o incremento na CEa promoveu efeito quadrático sobre a MSR nos tratamentos C1, C3 e C4, onde a combinação C2 não obteve efeito significativo, obtendo um valor média de 2,3 g. Em todas as outras combinações a massa seca da raiz foi afetada negativamente pelo incremento de

sais na água de irrigação. O tratamento C1 promoveu maior valor (2,9 g) a uma CEa de 0,8 dS m⁻¹ e menor valor estimado de 1,9 g para uma CEa de 3,5 dS m⁻¹ (Figura 4C).

Na combinação de adubação C3 foi verificado maior valor estimado para MSR de 2,2 g por planta em uma CEa de 0,3 dS m⁻¹, com decréscimo ao seu menor valor (0,6 g por planta) em uma água com 3,5 dS m⁻¹, e se tratando da combinação C4, o maior valor encontrado foram de 2,7 g para uma CEa de 1,4 dS m⁻¹.

A menor produção de fitomassa seca da raiz pode estar associada às altas concentrações de sais em função da irrigação com água de elevada CEa e o incremento nas doses de N e K, que tendem a reduzir o potencial osmótico do solo, impedindo a absorção de água e aumentando a concentração de íons no protoplasma, limitando assim o crescimento da cultura (TAIZ et al., 2017).

Na análise do efeito interativo dos níveis de salinidade da água de irrigação em relação às combinações de adubação NK sobre a MST (Figura 4D) foi verificado de acordo com as equações de regressão comportamento quadrático para as combinações C1 (70% N + 50% K₂O), C3 (130% N + 100% K₂O) e C4 (160% N + 125% K₂O). Não houve efeito significativo para o tratamento C2, obtendo uma média de 8,08 g. O maior resultado estimados para a MST no tratamento C1 foi de 9,7 g verificado na salinidade de 0,4 dS m⁻¹. A combinação C3 obteve resultado estimado de 8,9 g a uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ e de 8,9 g para a combinação C4 a uma CEa de 1,5 dS m⁻¹. Menores valores estimados foram verificados na salinidade da água de 3,5 dS m⁻¹, com valores de 6,3; 2,3 e 6,2 para os tratamentos C1, C3 e C4. Com base nesses resultados, constata-se que apenas na combinação ocorreu mitigação do estresse salino em função do incremento de adubação de N e K, nos demais tratamentos o incremento nas doses de N e K intensificaram o estresse salino, promovendo reduções na MST.

Possivelmente as elevadas concentrações de NaCl na zona radicular aumentou a absorção desses sais no mesófilo, diminuindo a absorção de outros íons, provocando toxicidade por íons específicos, levando ao aparecimento de danos fisiológicos e nutricionais nas culturas (SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014) e consequentemente, afetando a produção de fitomassa.

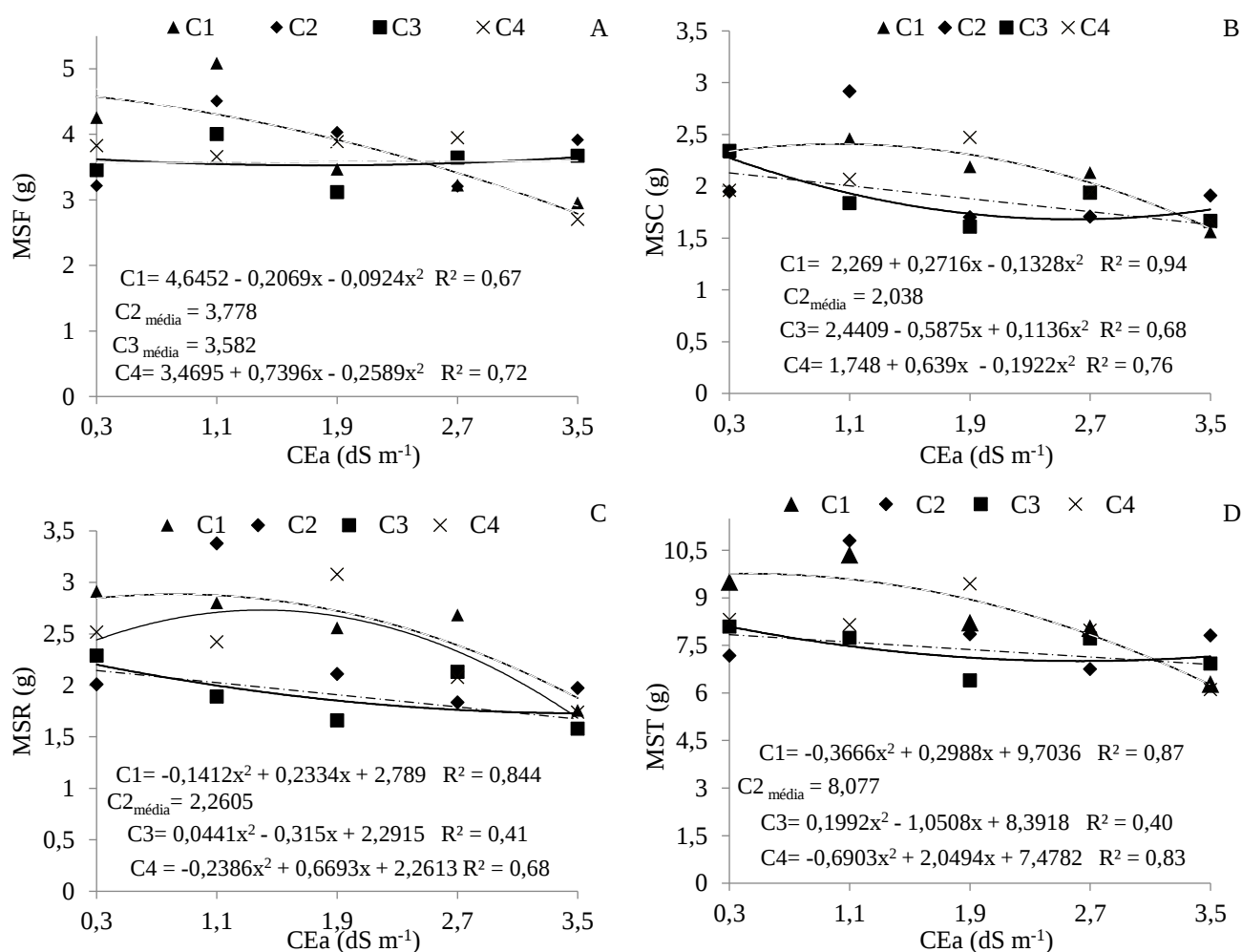


Figura 4. Massa seca das folhas – MSF (A), do caule – MSC (B), das raízes – MSR (C) e massa seca total – MST (D) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD) observa-se (Figura 5) que o efeito da salinidade da água de irrigação em cada combinação de adubação NK apresentou comportamento quadrático em todos os tratamentos estudados, exceto na combinação C2, onde o mesmo obteve um valor médio de 0,66. O IQD em plantas adubadas com a combinação C1 foram afetadas negativamente pelo incremento da salinidade na água de irrigação, obtendo maior valor de 0,84 a uma CEa de 0,9 dS m⁻¹. Em C3 o maior valor estimado foi de 0,69 a uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ e C4 apresentou IQD máximo de 0,83 para uma CEa de 1,5 dS m⁻¹.

Souza et al. (2017) verificaram que o aumento da adubação nitrogenada reduziu de forma linear o IQD. Já Abrantes et al. (2017) encontrou efeito significativo para a interação salinidade x adubação nitrogenada em mudas enxertadas da cv. Paluma, observando o maior valor de IQD (1,35) em um manejo de adubação de N 30% acima do recomendado para uma

salinidade da água de irrigação de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, similarmente ao nível salino de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ no presente estudo, onde a combinação C4 apresentou resultado estimado de 0,83.

De acordo com Rudek et al. (2013), o IQD tem sido utilizado par avaliar o comportamento de diversas espécies de mudas, sintetizando os parâmetros morfológicos em uma só variável, onde a partir dela é possível indicar o vigor e equilíbrio da fitomassa. Gomes et al. (2002) citam que quanto maior o valor do IQD, mais qualidade as mudas apresentam. De acordo com Hunt (1990), valores de IQD acima de 0,2 indicam que as mudas apresentam boa qualidade, com isso, o valor observado em todos os níveis de CEa e de combinações NK apresentaram índice de qualidade superior ao indicado pelo autor como boa, indicando que o material genético estudada mostra boa tolerância ao estresse salino.

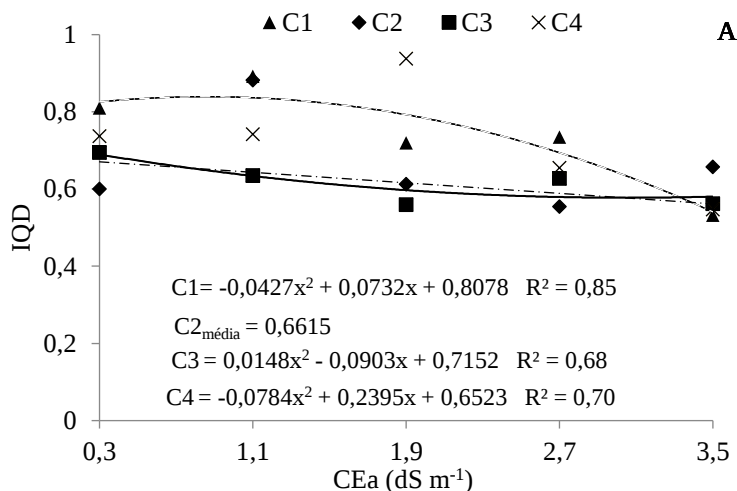


Figura 5. Índice de qualidade de Dickson – IQD (A) de mudas de goiabeira irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação nitrogenada e potássica aos 125 dias após o semeio.

4 CONCLUSÕES

As combinações de adubação potássica e nitrogenada, com 70%N + 50%K₂O e 100%N + 75%K₂O das doses recomendadas, promovem maior crescimento de mudas de genótipo crioulo de goiabeira.

As mudas de goiabeira Crioula obtiveram perdas aceitáveis de até 10% no crescimento, fitomassa e qualidade de mudas a uma CEa média de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- Abrantes, D. S.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Souza, A. dos S.; Gomes, E. M.; Sousa, F. F. de. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. *Revista Espacios*, Si, v. 38, n. 31, p. 6-21, 2017.
- Almeida, D.M.; Oliveira, M.M.; Saibo, N.J.M. Regulation of Na⁺ and K⁺ homeostasis in plants: Towards improved salt stress tolerance in crop plants. *Genet. Mol. Biol.* v. 40, p. 326–345. 2017
- 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, n. 3, p. 110-119, 2011
- Angulo-López, J.E.; Flores-Gallegos, A.C.; Torres-León, C.; Ramírez-Guzmán, K.N.; Martínez, G.A.; Aguilar, C.N. Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit and Valorization of Industrialization By-Products.,v. 9, p. 1075. 2021.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. Qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p
- Azevedo Neto, A. D.; Tabosa, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte II: distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 2, p. 165-171, 2000.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; Azevedo, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 5, p. 1945, 2018.
- Bonifacio., B. F.; Nobre., R. G.; S., A. Sousa.; G., E. M. Gomes; Sousa, Leandro de P.; S., E. M. Silva. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrárias*,v. 41, n. 4, p. 971-980, jun. 2018.
- Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L.; Pereira, K S. N.; de Oliveira, F. A.; Gondim, S C.; de Araújo, F A. R. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 515-519, 2005
- Coelho, A. M. Nutrição e Adubação do Milho. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 10 p
- Corrêa, M. C. M.; Prado, R. M.; Natale, W.; Pereira, L.; Barbosa, J. C. Respostas de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.

- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.
- Gomes, J. M.; Couto, L.; Leite, H.G.; Xavier, A.; Garcia, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- Guimarães, R. F. B.; Nascimento, R. do; Ramos, J. G.; Lima, S. C. de; Cardoso, J. A. F.; Melo, D. F. de. Acúmulo de fitomassa de cultivares de alface hidropônicas submetidas à salinidade. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 8, p. 2142-2151, 2017.
- Hunt, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Rose, R.; Campbell, S. J.; Landis, T. D. Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200. 1990, Roseburg: Proceedings. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, p. 218-222. 1990
- Kawavata, C. K. H.; Fois, D. A. F.; Coppo, J. C.; A. Alves Neto, Influência de doses e de duas fontes de potássio no sistema radicular do milho e na condutividade elétrica no solo. *Investigação Agrária*, v. 19, n. 1, p. 28-34, 2017.
- Lima, G.S. de; Nobre, R.G.; Gheyi, H.R.; Soares, L.A. dos A. & Silva, A.O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 34, n. 5, p. 854-866. 2014
- Lima, L. G. S.; Andrade, A. C.; Silva, R. T. L.; Fronza, D.; Nishijima, T. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: 64ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. São Luiz: UFMA, 2012.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- Oliveira, F. A. et al. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Rudek, A.; Garcia, F. A. O.; Bandeira, F. S. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3775- 3787, 2013.
- Souza, P.S.; Nobre, R.G.; Silva, E.M.; Gheyi, H.R.; Soares, L.A.A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza. v.48, n.4, p.596-604, 2017.

- Souza, P.S.; Nobre, R.G.; Silva, E.M.; Lima, G.S.; Pinheiro, F.W.A.; Almeida, L.L.S.; Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.20, n.8, p.739- 745, 2016.
- Sousa, G. G.; Sousa, H. C.; Santos, M. F.; Lessa, C. I. N.; Gomes, S. P. Saline water and nitrogen fertilization on leaf composition and yield of corn. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 1, p. 191-198, 2022.
- Syvertsen, J.P., Garcia-Sanchez, F. 2014. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany* 103: 128-137.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- Tavares Filho, G. S; Silva, D. F.; Lins, R. C.; Araujo, C. A. S.; Oliveira, F. F.; Matias, S. S. R. Desenvolvimento de mudas de Moringa oleífera (LAM) submetida a diferentes níveis de água salina. *Brazilian Journal Of Development*, v. 7, n. 6, p. 48671-48683, 2020.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, p. 574, 2017.
- UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido. <https://caraubas.ufersa.edu.br/estacao-meteorologica-caraubas>. 02 Set. 2021.

CAPÍTULO VI

COMPONENTES FISIOLÓGICOS DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOLA SOB ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA- POTÁSSICA

COMPONENTES FISIOLÓGICOS DE MUDAS DE GOIABEIRA CRIOULA SOB ÁGUAS DE SALINIDADES CRESCENTES E ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO

A produção de mudas depende diretamente da qualidade da água de irrigação e a nutrição mineral aplicada nas plantas, onde em condição de estresse salino doses adequadas de adubação podem mitigar o efeito deletério dos sais. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis de trocas gasosas e fluorescência na cultura da goiabeira Crioula irrigada com água de diferentes salinidades. O experimento foi conduzido em áreas experimentais da UFRSA, campus Caraúbas, instalado em delineamento em blocos casualizados e analisados no esquema fatorial 5 x 4, com quatro repetições, com a parcela formada por duas plantas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação do fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) sendo de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹; com o fator combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O, sendo a dose recomendada de 100% de N e de K, respectivamente 541,1 mg de N dm⁻³ de solo e 798,6 mg de K dm⁻³ de solo. Níveis CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ afetaram negativamente a condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, transpiração, eficiência instantânea de carboxilação e fluorescência inicial antes do pulso de saturação da goiabeira Crioula aos 125 DAS. As combinações de adubação com NK não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis fisiológicas em mudas de goiabeira Crioula.

Palavras-chave: *Psidium guajava* L. Nitrogenio. Potássio. Salinização

PHYSIOLOGICAL COMPONENTS OF CRIOULA GUAVA SEEDLINGS UNDER INCREASING SALINITY WATER AND NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT

The production of seedlings depends directly on the quality of the irrigation water and the mineral nutrition applied to the plants, where, under saline stress, adequate doses of fertilization can mitigate the deleterious effect of salts. The objective of the present work was to evaluate the effects of different combinations of nitrogen and potassium fertilization on the variables of gas exchange and fluorescence in the culture of Crioula guava irrigated with water of different salinities in an experiment conducted in experimental areas of UFERSA, Campus Caraúbas, installed in a randomized block design and analyzed in a 5 x 4 factorial scheme, with four replications, with the plot formed by two plants. The treatments were composed from the combination of the irrigation water electrical conductivity factor (ECw) being 0.3; 1.1; 1.9; 2.7 and 3.5 dS m⁻¹; with the 133here combinations © of doses of nitrogen (N) and potassium (K₂O), 133here C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O and C4= 160% N + 125% K₂O, with the recommended dose of 100% N and K, respectively 541.1 mg of N dm⁻³ in soil and 798.6 mg of K dm⁻³ of soil. CEa levels above 0.3 dS m⁻¹ negatively affected stomatal conductance, CO₂ assimilation rate, transpiration, instantaneous carboxylation efficiency and initial fluorescence before the Crioula guava saturation pulse at 125 DAS. NK fertilization combinations did not mitigate the effects of salt stress on physiological variables in Crioula guava seedlings

Keywords: *Psidium guajava* L, Nitrogen. Potassium. Salinization

1 INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertencente à família Myrtaceae tem alto valor comercial devido seus altos teores de vitaminas e minerais, além de sua fitomassa (folhas, caule e raiz) serem empregadas na medicina tradicional (VIJAYA-ANAND et al., 2020). O Brasil apresenta posição de destaque no cenário mundial de produção desta fruteira, produzindo cerca de 566 mil toneladas em 2020, sendo os maiores produtores os estados de São Paulo, Bahia, Pernambuco e Rio de Janeiro (IBGE, 2022).

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes durante o ciclo produtivo da goiabeira, pois o rendimento e qualidade final das plantas são influenciados por essa etapa. O material genético Crioulo pode ser utilizado para a produção de porta-enxertos em função da sua boa adaptabilidade às condições climáticas e de solos do semiárido, além de sua rusticidade (SOUZA et al., 2017).

Os baixos índices pluviométricos caracterizam a região semiárida do nordeste brasileiro e aliado as altas temperaturas ocorre um déficit hídrico que condiciona os produtores a utilizarem técnicas de irrigação. Porém, é comum na região a aplicação de águas que apresentam elevados níveis salinos nas áreas irrigadas, o que pode ocasionar perda de rendimento nas culturas e salinização do solo (OLIVEIRA et al., 2015).

Elevadas concentrações de sais podem promover estresse nas plantas devido ao efeito osmóticos nas plantas, restando a água e provocando deficiência nutricional e toxicidade por íons específicos (CRUZ et al., 2020). Estudos para goiabeira indicam que o estresse salino provoca diminuição nas trocas gasosas e qualidade dos frutos (BEZERRA et al., 2018a). Com isso, estratégias que atenuem o efeito dos sais devem ser utilizadas para melhorar a produção, e o manejo da adubação surge como uma alternativa para diminuir o desequilíbrio nutricional e as relações $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ e Na^+/K^+ nas folhas (SILVA et al., 2019). O nitrogênio e o potássio além de serem dois dos macronutrientes mais requeridos pela goiabeira apresentam importância fisiológica e estrutural para as plantas.

O nitrogênio é o nutriente mais importante para as plantas por desempenhar função estrutural e estar presente na composição de aminoácidos, proteínas e prolina, além de auxiliar no ajuste osmótico e aumentar a resistência das plantas à condição de estresse abiótico, onde seu o correto manejo da sua aplicação e dosagem pode significar maior tolerância da planta ao estresse hídrico e salino (BRAZ et al., 2019). O potássio aplicado em doses adequadas pode diminuir a formação das espécies reativas de oxigênio, além de aumentar as taxas fotossintéticas e diminuir a toxicidade por Na^+ (ABDELGAWAD et al., 2016).

Cavalcante et al. (2019) avaliaram que a adubação potássica em doses variando de 101 e 143 g planta⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, melhorou a produtividade da cv. Paluma aos 16 meses de idade e Souza et al. (2017) concluíram que doses de 70% recomendada de N para a goiabeira Crioula estimulou maior crescimento, acúmulo de fitomassa na parte aérea e qualidade de porta-enxertos e CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ provocou reduções na fitomassa seca da parte aérea, taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar e índice de qualidade de Dickson.

A produção de mudas de goiabeira cultivadas em condição de estresse salino aliada a aplicação de combinação de adubação N e K necessita de estudos. Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre as variáveis de trocas gasosas e fluorescência na cultura da goiabeira Crioula irrigada com água de diferentes salinidades.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente telado, com o material genético de goiabeira Crioula no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2020, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Centro Multidisciplinar de Caraúbas, situado na Mesorregião do oeste potiguar. Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região é quente e seco, classificado de acordo com Köppen-Geiger como semiárido BSh, com máxima de 32°C, com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m.

Os dados climatológicos (Figura 1) foram coletados durante o período de estudo da estação meteorológica automática (EMA) localizada na UFERSA, campus Caraúbas, em área próxima ao local da montagem do experimento (UFERSA, 2022).

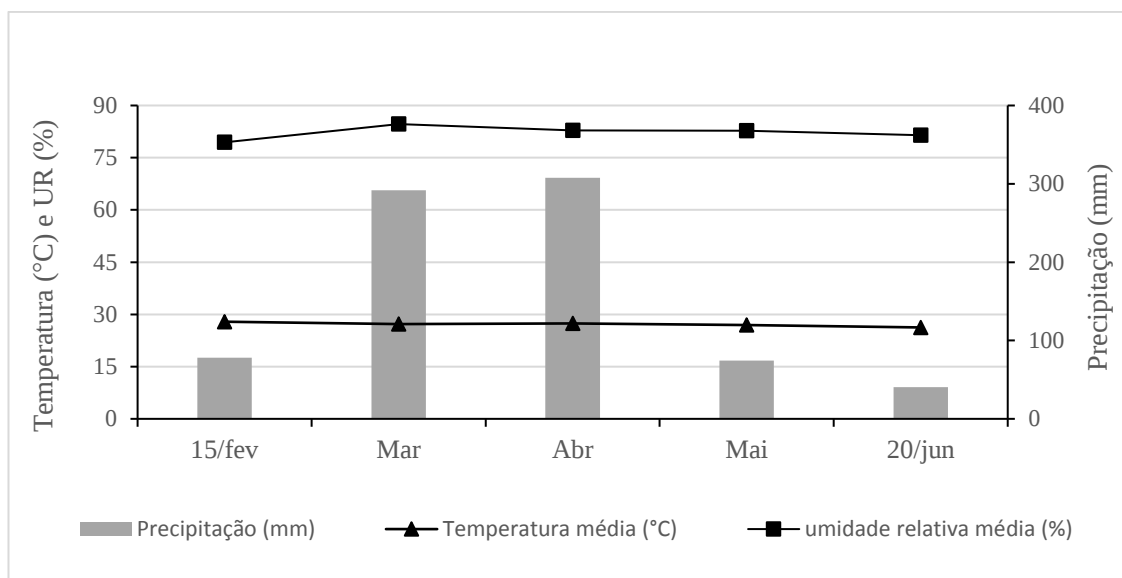


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar média (UR), coletados no período de 15 de fevereiro a 20 de junho de 2021, obtidos através de estação meteorológica automática, localizada na UFERSA, campus Caraúbas – RN (UFERSA, 2022).

Usou-se o delineamento em blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação, com condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo: C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O. Foram utilizadas vinte combinações de tratamentos, com quatro repetições, onde cada parcela foi constituída por duas plantas.

A recomendação de adubação potássica foi adotada de acordo com Bonifácio et al. (2018), de 798,6 mg de K dm⁻³ de solo, e de 541,1 mg de N dm⁻³ de solo (SOUZA et al., 2017), sendo equivalente às doses com 100% de nitrogênio e potássio, assim, os tratamentos corresponderam as dosagens de N e K, respectivamente (em mg de N e K dm⁻³ de solo) a 378,8 e 399,3; 541,1 e 598,9; 703,4 e 798,6; 865,8 e 998,25. Foram empregados como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de potássio

Os referidos níveis salinos foram selecionados em base de trabalhos recentes que indicam que a goiabeira é considerada moderadamente sensível a salinidade da água de irrigação onde, usando águas de salinidade acima de 1,5 dS m⁻¹ ocorre decréscimo no crescimento, desenvolvimento e produção (FREIRE et al., 2014; BEZERRA et al., 2018a). O estudo envolvendo a interação entre níveis de salinidade na água de irrigação com as diferentes combinações de doses de adubação nitrogenada e potássica se devem ao fato de a adubação poder atenuar o efeito do estresse salino.

As águas de irrigação dos tratamentos de 0,3 a 3,5 dS m⁻¹ foram preparadas a partir da adição de de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, introduzidas na água do sistema de abastecimento da companhia local, com uma proporção de sal igual a 7:2:1, respectivamente, seguindo a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) proposta por Richards (1954). Tal proporção de sais foi adotada seguindo a condição predominante nas principais fontes de água utilizadas para irrigação na região nordestina (MEDEIROS, 1992).

Por ser mais rústico e adaptado à condição climática do semiárido nordestino, o genótipo Crioulo foi escolhido, além de ser bastante utilizado na produção de porta-enxerto em viveiros de produção de muda nesta região (CAVALCANTE et al., 2005).

O semeio foi realizado em sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL, sendo preenchidas com substrato formado por material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas – RN, esterco bovino curtido, palha de carnaúba triturada e pó de carvão, conforme a seguinte proporção 2:2:2:1. As sacolas foram dispostas sobre estrados de madeira, a uma altura de 0,3 m do solo. A drenagem do excedente de água foi feita através de furos na base das sacolas e em cada uma foram semeadas três sementes a 1,0 cm de profundidade. O desbaste foi realizado após a estabilização da emergência e quando as plantas estiverem com dois pares de folhas definitivas, deixando na sacola apenas a planta, a que apresentar maior crescimento.

Seguindo as metodologias propostas por Teixeira et al. (2017) no início do experimento foram analisadas as características químicas e físico-hídricas do substrato e do material do solo, onde os atributos físicos e químicos do material utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado para o semeio da goiabeira Crioula. UFERSA, 2021.

Areia		Silte	Argila		Classificação textural		CE dS m ⁻¹	pH H ₂ O	M.O			
-----%			-----%						g kg ⁻¹			
44,7		41,1	14,3		Franca		0,68	6,03	37			
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	0,78

Fósforo disponível (P) – Metodologia EMBAPA; M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e

(H^{++} Al^{3+}) extraídos utilizando-se $CaOAc$ 1 mol L^{-1} pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a $25^{\circ}C$; pHes – pH do extrato de saturação do substrato.

Durante o período experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 30 dias após o semeio (DAS), as plantas foram irrigadas com água (abastecimento local) de CEa igual a $0,3\text{ dS m}^{-1}$ e, após esse período, foram irrigadas com água conforme os respectivos tratamentos. O volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado com base no processo de pesagem de uma amostra de sacolas de cada tratamento, com avaliação semanal em função do estado de crescimento das plantas, fornecendo-se diariamente o volume de cada tipo de água evapotranspirada, de modo a elevar o solo ao nível de capacidade de campo.

Após 30 dias da semeadura foram aplicadas as combinações de doses de N e K e em intervalo semanal. Também foi realizado adubações foliares (N - 10%, P_2O_5 - 52%, K_2O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) realizada aos 45 DAS e a cada 60 dias em uma proporção de 1g de adubo para 1 L de água que foram aplicados através de um pulverizador costal, distribuindo 5 L nas plantas. Para mitigar os prejuízos causados pelas pragas e doenças, o controle fitossanitário foi de preventivo e/ou curativo a observar a condução do experimento. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas com a execução de arranquia nas sacolas sempre que foi necessário.

A adubação fosfatada seguiu recomendação de Corrêa et al. (2003), incorporando 100 mg P dm^{-3} de solo, tendo como fonte o superfosfato simples.

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas aos 125 DAS, sendo realizadas medições de trocas gasosas foliares da taxa de assimilação de CO_2 (A), concentração interna de CO_2 (Ci) condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) e eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) a partir da utilização do analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro+” ADC BioScientific Ltda. A partir dos dados de fotossíntese e transpiração foi calculado a eficiência instantânea no uso da água – EiUA (A/E), assim como avaliou Bezerra et al. (2018) e a eficiência instantânea de carboxilação foi determinada pela razão entre a taxa de assimilação de CO_2 e concentração interna de CO_2 . As medições foram realizadas na terceira folha madura do ápice, estando totalmente expandidas. Entre as 08:00 e 10:00 horas foi aferida a leitura (Figura 5), utilizando fonte de radiação artificial com intensidade de $1200\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em condições ambiente para temperatura e concentração de CO_2 .

A eficiência fotoquímica foi analisada aos 125 DAS, realizadas em conjunto com as análises de trocas gasosas, utilizando-se de um fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p

da Opti Science, protocolo Fv/Fm, onde foram determinados a fluorescência inicial (F_o), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (Genty et al. 1989). Para a realização das medições foi necessário adaptar as folhas ao escuro por um período de 30 minutos e ao amanhecer utilizando cliques do equipamento a fim de garantir que os centros de reação estivessem abertos no período da análise.

Seguindo a avaliação dos parâmetros fisiológicos pelo protocolo Yield, foi aplicado uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), para determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_{ms}) e taxa de transporte de elétrons (ETR),

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e estudos de regressão para os níveis de salinidade. As médias do fator qualitativo (combinação de adubação nitrogenada e potássica) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de salinidade da água de irrigação e combinações de adubação nitrogenada e potássica apenas sobre a variável taxa de assimilação de CO_2 (A) aos 125 DAS (Tabela 2). Verifica-se efeito significativo dos níveis de salinidade da água de irrigação para a condutância estomática (g_s), transpiração (E) e eficiência instantânea de carboxilação ($E_i C_i$) aos 125 DAS. As combinações de adubação NK exerceram efeito significativo apenas para a concentração interna de CO_2 (C_i). Outrossim, não se constatou efeito significativa para nenhuma das fontes de variação estudadas para a variável eficiência instantânea no uso da água ($E_i U_a$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância referente a condutância estomática (g_s - $Mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A - $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i - $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), transpiração (E - $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), eficiência instantânea da carboxilação ($E_i C_i$) e eficiência instantânea no uso da água ($E_i U_a$ - $[(\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}) / (mmol\ de\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1})]$)

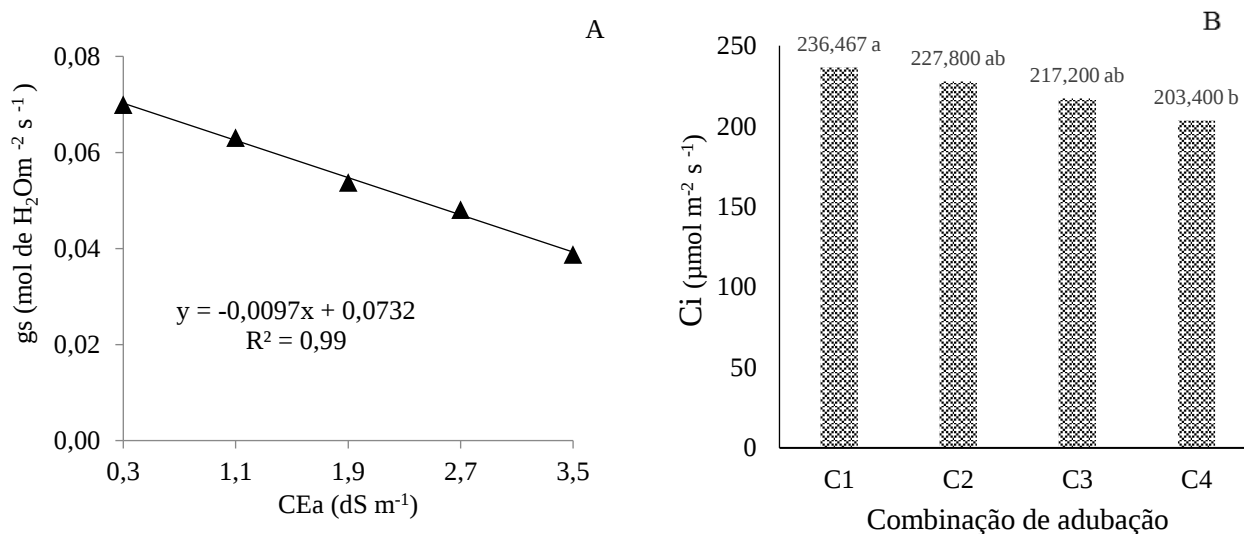
)⁻¹ J) em mudas de goiabeira aos 125 dias após o cultivo (DAS) cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

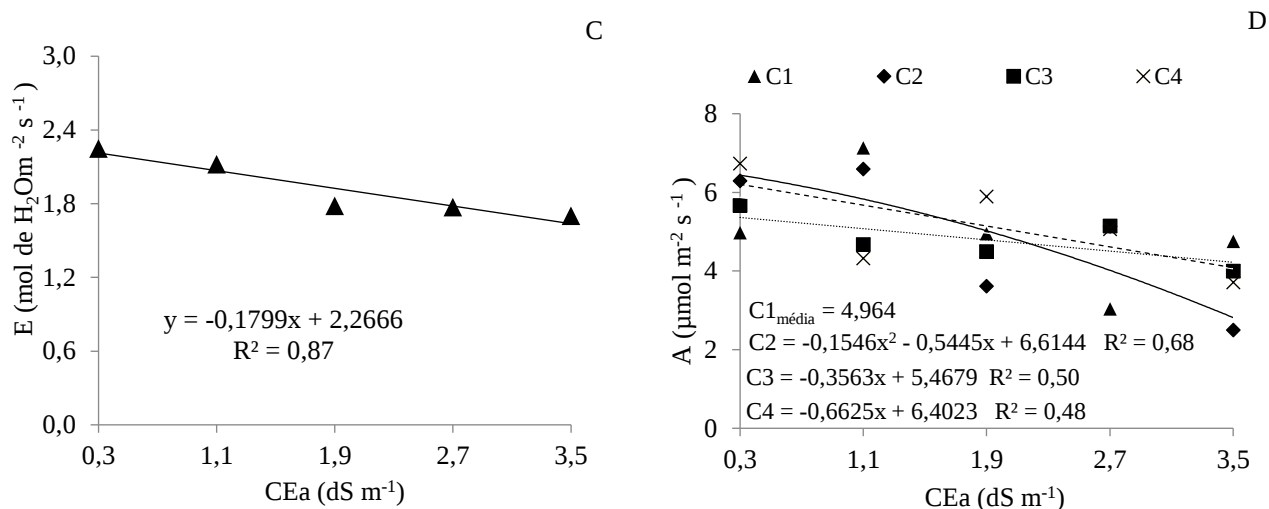
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		gs	Ci	E	A	EiUa	EiCi
Níveis salino (S)	4	0,002 ^{**}	1626,774 ^{ns}	0,943 [*]	12,3967 ^{**}	0,267 ^{ns}	0,0003 [*]
Reg, Linear	1	0,010 ^{**}	4423,976 [*]	3,315 ^{**}	47,295 ^{**}	0,448 ^{ns}	0,001 ^{**}
Reg, Quadrática	1	0,000002 ^{ns}	42,256 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,486 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Doses de NK	3	0,0002 ^{ns}	4063,201 [*]	0,0267 ^{ns}	0,515 ^{ns}	0,581 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Interação (S x NK)	12	0,0007 ^{ns}	1160,443 ^{ns}	0,8631 ^{ns}	5,260 [*]	0,929 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Blocos	3	0,0013 [*]	3194,178 [*]	4,623 ^{**}	6,215 ^{ns}	5,762 ^{**}	0,0003 ^{ns}
CV (%)		36,96	14,29	34,95	32,46	28,00	45,16

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p \leq 0,01$ e significativo a $p \leq 0,05$; CV= coeficiente de variação.

A condutância estomática (gs) foi afetada negativamente pelo incremento de sais na água de irrigação aos 125 DAS, ocorrendo efeito linear decrescente de 13,25% por aumento unitário da CEa, sendo que as plantas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ apresentaram redução de 42,40% (0,031 mol H₂O m⁻² s⁻¹) se comparadas com as que receberam água de 0,3 dS m⁻¹. O acúmulo de íons Na⁺ e Cl nas folhas pode acarretar em fechamento dos estômatos e danos fotossintéticos na planta, resultando em menor assimilação de CO₂ e inibindo o crescimento e desenvolvimento em culturas sob estresse salino (ABDELGAWAD et al., 2016). Esse mecanismo de fechamento estomático e consequentemente redução da gs pode ser uma resposta da planta às perdas de água por transpiração (SILVA et al., 2013) devido ao estresse salino.

Bezerra et al. (2018a) verificaram que aos 225 dias após o transplântio a condutância estomática na goiabeira cv. Paluma teve redução linear de 17,43% por aumento unitário da CEa.





C1 = 70%N + 50% K₂O; C2 = 100%N + 75% K₂O; C3 = 130%N + 100% K₂O; C4 = 160%N + 125% K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$ de probabilidade).

Figura 2. Condutância estomática – gs (A), concentração interna de CO₂ – Ci (B), transpiração – E (C), taxa de assimilação de CO₂ – A (D) de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.

Analisando as combinações de adubação nitrogenada e potássica, é possível verificar que a combinação C1 (70%N + 50%K₂O) proporcionou os maiores valores para a concentração interna de CO₂ (Figura 2B), não diferindo estatisticamente das combinações C2 (100%N + 75% K₂O) e C3 (130%N + 100% K₂O). Já a combinação C4 (160%N + 125% K₂O) apresentou o menor valor para a Ci, onde a redução entre os tratamentos C1 e C4 foi de 13,9%.

Denota-se que incremento excessivo de nitrogênio e potássio tenha provocado aumento na salinidade do substrato, tendo em vista que as fontes de adubação potássica (KCl) tem elevado índice salino (PRAZERES et al., 2015) e doses elevadas de N podem estimular a extrusão do malato nas células guardas, provocando efluxo de K⁺ (SHIMAZAKI et al., 2007) o que induziu menores valores na condutância estomática (Figura 1A), onde a redução de gs provoca um menor influxo de CO₂ para o interior dos cloroplastos (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2015). Além disso, o excesso de sais pode reduzir a eficiência de carboxilação da Ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RuBisCo), sendo a enzima responsável pela fixação do carbono durante a fotossíntese (SILVA et al., 2018).

Alvarenga et al. (2019) verificaram efeito contrário em plantas de aceroleira sob combinação de adubação nitrogenada e potássica, onde o maior incremento de adubação NK (C4) proporcionou maiores valores para Ci. Tal resultado pode estar relacionado ao acúmulo

de CO₂ nos espaços intercelulares do mesófilo foliar, tendo uma diminuição da utilização desse gás para sintetizar açúcares na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O aumento na salinidade da água de irrigação provocou redução linear da transpiração (E) de 7,93% por acréscimo unitário na CEa (Figura 2C), havendo redução de 25, 39%, ou 0,54 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, se comparar as plantas irrigadas com água de 3,5 dS m⁻¹ e aquelas que receberam água com condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹. Provavelmente ocorre a redução na transpiração em decorrência da diminuição da condutância estomática, processo no qual a planta busca reduzir as perdas por transpiração e regular a entrada de sais para reduzir a toxicidade por íons específicos (BEZERRA et al., 2018a).

Bezerra et al. (2018b) identificaram efeito linear decrescente para E em mudas de goiabeira cv. Paluma aos 180 dias após a poda de frutificação com redução relativa de 11,4% por aumento unitário de CEa, sendo esta uma redução de 37,8% em plantas submetidas a maior CEa (3,5 dS m⁻¹) em comparação com as irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹.

Na figura 2D verifica-se o efeito da salinidade da água de irrigação nas combinações de adubação NK sobre a taxa de assimilação de CO₂ (A), apenas as plantas adubadas com a combinação C1 (70%N + 50%K₂O) não sofreram efeito significativo, tendo valor médio de 4,96 μmol m⁻² s⁻¹. A combinação C2 (100%N + 75%K₂O) apresentou efeito quadrático com valor máximo estimado de 6,43 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para uma CEa de 0,3 dS m⁻¹ e valor mínimo de 2,81 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ a um nível de salinidade de 3,5 dS m⁻¹. Já as combinações para as combinações C3 (130%N + 100%K₂O) e C4 (160%N + 125% K₂O), houve efeito linear decrescente sobre A, cuja diminuição foi de 6,51 e 10,35%, respectivamente, por aumento unitário na CEa.

A redução na taxa de assimilação de CO₂ pode ter ocorrido devido a diminuição na condutância estomática em plantas sob condição de estresse salino, de forma que o excesso de sais promove fechamento dos estômatos. Altas concentrações de Na⁺ e Cl podem provocar danos estruturais nas membranas e enzimas, além de afetar negativamente a taxa de assimilação de CO₂ (SILVA et al., 2011) e tal condição pode ser causada pela redução na absorção de água e CO₂ fixado em plantas cultivadas em condições de elevada salinidade em virtude do fechamento dos estômatos, sendo a diminuição do potencial osmótico o principal motivador desse mecanismo (DIAS et al., 2018).

Silva et al. (2010) citam que em plantas glicófitas, como é o caso da goiabeira, o efeito deletério dos sais induz uma redução na taxa de assimilação de CO₂ pelo fechamento dos estômatos, provocando posteriormente restrição à entrada do gás nas células e aumentando a

possibilidade de danos fotoquímicos, tendo em vista que quanto menor a taxa de assimilação de CO₂ vai haver mais energia luminosa excessiva no fotossistema II.

A eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) em função da irrigação com níveis crescentes de CEa apresentou efeito linear decrescente e, de acordo com a equação de regressão (Figura 3) foi constatado diminuição de 10,9% por aumento unitário da CEa. Essa diminuição pode estar relacionada a menor condutância estomática e menor assimilação de CO₂ (Silva et al., 2014), porém, vale ressaltar que a eficiência na carboxilação é uma relação entre a taxa de assimilação de CO₂ e concentração intercelular de CO₂ (A/Ci), portanto pode ser considerada uma forma de avaliar se os fatores não estomáticos influenciam na taxa fotossintética, representando a quantidade de carbono a ser fixada pela planta para realizar a fotossíntese, por unidade de carbono que não se acumula nas folhas (TAIZ et al., 2017).

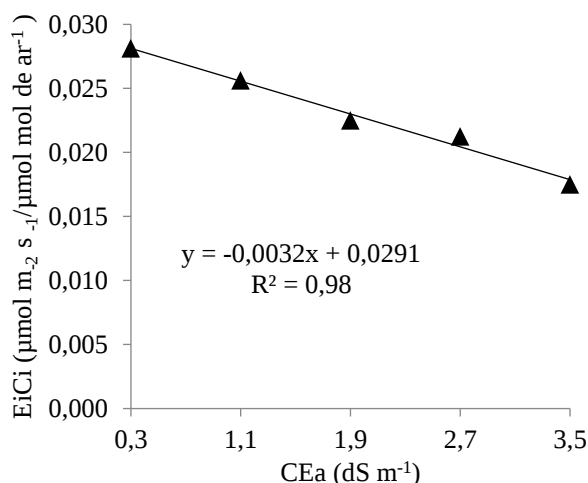


Figura 3. Eficiência instantânea da carboxilação – EiCi de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.

A redução na EiCi nas plantas cultivadas em condição de estresse salino pode estar relacionada com as restrições de fixação de carbono no ciclo de Calvin (SOUSA et al., 2016). A presença de fatores não estomáticos, como redução da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase / oxigenase pode ter afetado as plantas de goiabeira irrigadas com águas de elevada concentração salina (MACHADO et al., 2005). De acordo com Taiz et al. (2017), a desidratação do mesófilo foliar causado pelo estresse salino pode danificar o metabolismo da planta e diminuir a eficiência de carboxilação.

Avaliando o resumo da variância (Tabela 3) identifica-se interação significativa ($p < 0,01$) dos níveis de salinidade da água de irrigação e das combinações de adubação nitrogenada e potássica (NK) sobre a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs) de

mudas de goiabeira Crioula aos 125 DAS. As outras variáveis analisadas não apresentaram efeito significativo para nenhuma das fontes de variação estudadas.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância referente a taxa de transporte de elétrons (ETR), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), fluorescência máxima (Fm) e variável (Fv) de mudas de goiabeira Crioula realizados aos 125 DAS cultivada sob distintos níveis salinos da água de irrigação e combinação de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		ETR	Fs	Fm	Fv
Níveis salino (S)	4	11,254 ^{ns}	972,968 ^{ns}	39328,991 ^{ns}	44740,866 ^{ns}
Reg, Linear	1	25,154 ^{ns}	170,899 ^{ns}	43558,680 ^{ns}	40364,739 ^{ns}
Reg, Quadrática	1	5,690 ^{ns}	2819,127 ^{ns}	70763,697 ^{ns}	90777,846 ^{ns}
Doses de NK	3	180,827 ^{ns}	4743,257 ^{**}	34318,390 ^{ns}	31868,149 ^{ns}
Interação (SxNK)	12	104,596 ^{ns}	2424,911 ^{**}	69683,468 ^{ns}	44145,306 ^{ns}
Blocos	3	55,861 ^{ns}	1968,678 [*]	95664,178 ^{ns}	60556,144 ^{ns}
CV (%)		45,57	17,72	10,15	12,17

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e significativo a $p < 0,05$; CV= coeficiente de variação.

Para a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs) verificou-se efeito quadrático para as combinações de adubação C2 e C3 (Figura 4). Para a combinação 70%N + 50% K₂O (C1) e 160%N + 125% K₂O (C4) não houve influência significativa do incremento da salinidade, obtendo valores médios de 161,93 e 128,4, respectivamente. Para a combinação C2 a maior Fs estimada foi de 153,40 para uma CEa de 2,4 dS m⁻¹, já a salinidade de 0,3 dS m⁻¹ apresentou menor resultado estimado de 101,23. A combinação C3 obteve maior valor estimado para Fs de 141,42 em uma CEa de 2,7 dS m⁻¹ e o menor resultado (110,76) para uma salinidade da água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹.

As doses com valores mais discrepantes da recomendação para a adubação N e K, 70%N + 50% K₂O e 160%N + 125% K₂O não se observou significância para Fs mesmo com o aumento da salinidade da água de irrigação. Sendo assim, doses suplementares ou inferiores aos valores recomendados para N e K podem favorecer o balanço energético nos processos fotossintéticos (MAXWELL; JOHNSON, 2000), evitando que o incremento da salinidade na água de irrigação afete negativamente os valores de fluorescência inicial antes do pulso de saturação.

Incremento nos valores da fluorescência podem estar associados ao aumento da salinidade da água de irrigação e foram observados nas combinações de adubação C2 e C3, podendo ser um indicativo de danos no aparato fotossintético (SILVA et al., 2014). Pois os danos ao complexo receptor de Luz do PSII estão associados a um aumento na fluorescência

(BAKER; ROSENQVIST, 2004). O valor da fluorescência inicial indica a fluorescência quando a quinona está totalmente oxidada e o centro de reação do fotossistema II (P680) está aberto, iniciando as reações fotoquímicas (LUCENA et al., 2012).

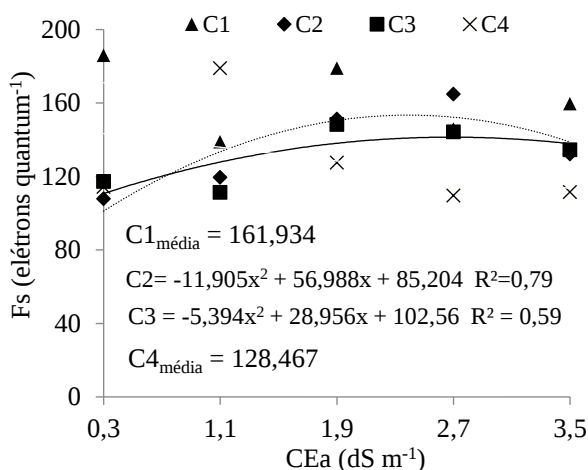


Figura 4. Fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs de mudas de goiabeira Crioula irrigadas com águas de distintas salinidades e combinação de adubação NK aos 125 dias após o semeio.

4 CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou a condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, transpiração, eficiência instantânea de carboxilação e fluorescência inicial antes do pulso de saturação da goiabeira Crioula aos 125 DAS.

As combinações de adubação com NK não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis fisiológicas em mudas de goiabeira Crioula.

A combinação de adubação 70%N + 50%K₂O promoveu maior concentração interna de CO₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbdElgawad, H.; Zinta, G.; Hegab, M.M.; Pandey, R.; Asard, H.; Abuelsoud, W. High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. *Front. Plant Sci*, v.7, p. 276. 2016.
- Alvarenga, C. F de S.; Silva, E. M da; Nobre, R. G; Gheyi, H. R; Lima, G. S de; Silva, L. de. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 1, n. 42, p. 194-205, 2019.

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728, 2013.
- Andrade Junior, A. S.; Silva, E. F. F.; Bastos, E. A.; Melo, F. B.; Leal, C. M. Uso da qualidade da água subterrânea para irrigação no Semiárido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande. v.10, n.4, p.873-880, 2010.
- Baker, N. R.; Rosenqvist, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1607-1621, 2004.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; Azevedo, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 5, n. 39, p. 1945-1956, 2018b.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Barbosa, J. L. Physiological indices and growth of 'paluma' guava under saline water irrigation and nitrogen fertigation. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 4, p. 808-816, 2018a.
- Bonifacio, B. F.; Nobre, R. G.; Sousa, A. S.; Gomes, E. M.; Sousa, Leandro de P.; Silva, E. M. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 4, p. 971-980, jun. 2018.
- Braz, R. dos S.; Lacerda, C. F.; Assis Junior, R. N. de.; Ferreira, J. F. S.; Oliveira, A. C.; Ribeiro, A. A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 12, p. 907-913, 2019.
- Cavalcante, A. C. P.; Cavalcante, L. F.; Bertino, A. M. P.; Cavalcante, A. G.; Lima Neto, A. J.; Ferreira, N. M. Fertilization with potassium and calcium in nutrition and production of guava 'Paluma'. *Revista Ceres*, v. 66 (1), p. 54-62, 2019.
- Corrêa, M. C. M.; Prado, R. M.; Natale, W.; Pereira, L.; Barbosa, J. C. Respostas de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.
- Cruz, V. da S. da; Yamashita, O. M.; Karsburg, I. V.; Carvalho, M. A. C. de; Dallacort, R.; Rossi, A. A. B.; Silva, I. V. da. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Ochroma pyramidale*. *Nativa*, v. 8, n. 2, p. 239-245, 2020.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Silva, F. A. Da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. *Revista Irriga*, v. 23, n.2 p. 220-234, 2018.
- Ferreira, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*. v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 990, p. 87-92, 1989.

- IBGE. Produção Agrícola Municipal: pam 2020. PAM 2020. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- Lucena, C. C.; Siqueira, D. L.; Martinez, H. E. P.; Cecon, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. *Revista Brasileira Fruticultura*, v.34, p.1245-1255, 2012.
- Machado, E.C.; Schmidt, P.T.; Medina, C.L.; Ribeiro, R.V. Respostas da fotossíntese a fatores ambientais em três espécies de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, p. 1161-1170, 2005.
- Maxwell, K.; Johnson, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v. 51, n. 3, p. 659-668, 2000.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados de RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- Oliveira, F. A.; Guedes, R. A. A.; Gomes, L. P.; Bezerra, F. M. S.; Lima, L. A.; Oliveira, M. K. T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão manso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 204-210. 2015.
- Shimazaki, K.I; Doi, M.; Assmann, S.M.; Kinoshita, T. Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology*, v.58, p.219-247, 2007.
- Silva, E. M.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. S.; Souza, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.11, p.776- 781, 2018.
- Silva, E. N.; Ribeiro, R. B.; Ferreira-Silva, S. L.; Viégas, R. A.; Silveira, J. A. G.; Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agrícola*. v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.
- Silva, E. N.; Ribeiro, R. V.; Ferreira-Silva, S. L; Viégas, R. A.; Silveira, J. A. G.; Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha* plants. *Journal of Arid Environments*, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 2010.
- Silva, F. L. B. Lacerda, C. F.; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G.; Sousa, C. H.C.; Ferreira, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. *Irriga*, v.18, n.2, p.304-317, 2013.
- Silva, L. de; Brito, M. E. B.; Sá, F. V da 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, n. 1, p. 1-7, 2014.
- Silva, E. M.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Souza, C. M. A.; Morfologia e produção de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada-potássica. *Revista caatinga*, v. 32, n. 9, p. 1027-1036, 2019.

- Sousa, J. R. M.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Xavier, D. A.; Furtado, G.F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. *Revista Caatinga*, v. 29, p. 415-424, 2016.
- Souza, P.S.; Nobre, R.G.; Silva, E.M.; Gheyi, H.R.; Soares, L.A.A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza. v.48, n.4, p.596-604, 2017.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5a ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- Tatagiba, S. d.; Pezzopane, J. e. m.; Reis, e. F. Fotossíntese em *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. *Engenharia na Agricultura*, v. 23, n. 4, p. 336-345, 2015.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, p. 574, 2017.
- UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido. <https://caraubas.ufersa.edu.br/estacao-meteorologica-caraubas>. 02 Set. 2021.

CAPÍTULO VII
CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da goiabeira apresenta destaque no cenário de produção agrícola na região do Nordeste brasileiro pelo seu considerável potencial econômico e sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, além de sua fruta ter alto valor nutricional e medicinal tem forte valorização no mercado por poder ser consumida *in natura* ou de forma industrializada.

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de buscar técnicas de manejo para o controle e mitigação da salinidade nas plantas e no solo, principalmente em regiões como o semiárido nordestino, onde a utilização de águas com elevadas concentrações de sais se torna muitas vezes o único modo de satisfazer a necessidade hídrica das culturas. O manejo de adubação se mostra uma alternativa promissora no tocante à absorção de nutrientes pelas plantas em detrimento de íons Na^+ e Cl^- que em excesso podem provocar desequilíbrio nutricional e afetar o crescimento e fisiologia as plantas.

A aplicação de doses combinadas de fertilizantes pode melhorar a relação entre nutriente/ íons tóxicos para condicionar um melhor equilíbrio nutricional interno nas plantas sob condição de estresse salino. Assim, o nitrogênio e o potássio surgem como potenciais mitigadores da salinidade nas plantas por serem dois dos elementos mais exigidos pela cultura da goiabeira e atuarem em processos fisiológicos e bioquímicos nas mesmas.

O presente estudo avaliou o efeito da aplicação de diferentes salinidades da água de irrigação na produção de mudas de goiabeira de dois materiais genéticos submetidas a doses variadas de adubação nitrogenada e potássica aos 125 DAS. Foi possível constatar o efeito deletério da salinidade principalmente nos parâmetros de crescimento e trocas gasosas, onde para ambos materiais genéticos analisados (Paluma e Crioula) houveram reduções aceitáveis de até 10% no crescimento, fitomassa e qualidade das mudas para uma CEa média até $2,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Através da análise do efeito das combinações de adubação NK aos 125 DAS foi verificado que o tratamento 100% N + 75% K_2O da dose recomendada promoveram maior crescimento e produção de fitomassa em mudas de goiabeira cv. Paluma. As combinações de adubação potássica e nitrogenada, com 70%N + 50% K_2O e 100%N + 75% K_2O das doses recomendadas, promoveram maior crescimento de mudas de goiabeira, genótipo crioulo.

Em relação às variáveis fisiológicas, foi verificado que a combinação 130%N + 100% K_2O obteve maiores valores estimados para as variáveis de transpiração, eficiência instantânea de carboxilação, taxa de assimilação de CO_2 , taxa de transporte de elétrons e fluorescência inicial antes do pulso de saturação para a cv. Paluma. Embora níveis de CEa

acima de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ afetaram negativamente a condutância estomática, taxa de assimilação de CO_2 , transpiração, eficiência instantânea de carboxilação e fluorescência inicial antes do pulso de saturação aos 125 DAS e combinações de adubação com NK não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis fisiológicas em mudas de goiabeira Crioula

Como visto, o tratamento com as maiores doses recomendadas ($160\%N + 125\%K_2O$) provocaram maiores danos nas plantas de goiabeira e intensificaram o estresse salino, apresentando menores valores para os parâmetros de crescimento, qualidade de mudas e fisiologia em função do aumento do desbalanço nutricional e efeito osmótico.

Tais resultados evidenciam a importância do estudo do efeito combinado entre doses de adubação e aplicação de águas salinas, tendo em vista que os produtores de mudas da região semiárida recorrem a utilização de águas de qualidade inferior para manter a produção. O indicativo de menores doses em relação as recomendadas para nitrogênio e potássio e a serem aplicadas durante a fase inicial de produção de mudas de goiabeira pode ser uma estratégia adotada por produtores da região pode resultar em aumento no rendimento e maior viabilidade econômica nesta cultura.