



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

JONNATHAN RICEDS DA SILVA SALES

TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM ESPÉCIES ORNAMENTAIS TROPICAIS
CULTIVADAS SOB APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS

FORTALEZA

2022

JONNATHAN RICHEDS DA SILVA SALES

TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM ESPÉCIES ORNAMENTAIS TROPICAIS
CULTIVADAS SOB APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S155t Sales, Jonnathan Richeds da Silva.
Tolerância à salinidade em espécies ornamentais tropicais cultivadas sob aplicação de extrato de algas /
Jonnathan Richeds da Silva Sales. – 2022.
80 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. Estresse salino. 2. Fotossíntese. 3. Plantas ornamentais. 4. Semiárido. I. Título.

CDD 630

JONNATHAN RICHEDS DA SILVA SALES

TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM ESPÉCIES ORNAMENTAIS TROPICAIS
CULTIVADAS SOB APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em 08/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Alberto Soares de Melo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus.

A minha avó materna Zeneide da Silva (*in memoriam*) e minha mãe Rosimar da Silva (*in memoriam*) por todo amor e carinho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso, por sempre me proteger e me dar forças e me guiar pelos caminhos certos.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste curso, assim como todo o corpo docente pela valiosa contribuição no meu desenvolvimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos e financiamento da pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda pela orientação, dedicação, paciência e conhecimento compartilhado. Agradeço a oportunidade de trabalhar ao seu lado.

Aos participantes da banca examinadora de qualificação e da dissertação por todas as valiosas contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Relações Solo-Água-Planta por toda a assistência na condução do experimento e no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos da Pós-Graduação da UFC, em especial ao Juvenaldo Canjá, Júnior Barroso, Eduardo Cavalcante, Luciana Pinho, Adriana Cruz, Naara Iorrana, que além do convívio profissional proporcionaram bons momentos que sempre levarei em minha memória.

Aos meus amigos de graduação Clarissa Magalhães, Lucas Guedes e Thomas Sousa, que mesmo após o término do curso continuaram mantendo contato e me auxiliando em todas as vezes em que precisei.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa, o meu muito obrigado!

“A inteligência é o único meio que possuímos para dominar os nossos instintos.” (Sigmund Freud)

RESUMO

A salinidade é um dos principais fatores abióticos responsáveis pelo decréscimo no desenvolvimento e qualidade das espécies ornamentais. Informações sobre a tolerância à salinidade e sobre estratégias de manejo são escassas nestas espécies. A utilização de bioestimulante à base de extrato de algas marinhas poderá mitigar os efeitos deletérios do estresse salino em espécies ornamentais tropicais com diferentes graus de tolerância à salinidade. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as respostas no crescimento, acúmulo de massa seca, morfologia foliar, índices fisiológicos e as características sensoriais envolvidos na tolerância à salinidade em espécies ornamentais tropicais cultivadas sob estresse salino e aplicação de extrato de algas. O experimento foi realizado no período de junho a agosto de 2021, conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjos em parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas formadas por três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,5; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹), classificadas como baixa, moderada e alta salinidade, respectivamente, as subparcelas por quatro concentrações de extrato de algas (0, 400, 800 e 1200 mg L⁻¹) e as subsubparcelas corresponderam a duas espécies de plantas ornamentais tropicais: *Catharanthus roseus* e *Celosia argentea*. Foram avaliados os aspectos de crescimento vegetativo, acúmulo de massa seca, morfologia foliar, índices fisiológicos e as características sensoriais e visuais das espécies. A salinidade afeta de forma negativa as características morfofisiológicas e a qualidade visual das duas espécies, principalmente de *C. roseus*. A CEa de até 2,5 dS m⁻¹ favorece melhor qualidade visual e maior preferência de compra na espécie *C. argentea*. A utilização de concentrações crescentes de extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) não atenua os efeitos do estresse salino sobre o crescimento e morfologia foliar das espécies ornamentais *C. argentea* e *C. roseus*. Entretanto, as concentrações intermediárias do extrato de algas (400 mg L⁻¹) promovem mitigação parcial do estresse salino nos índices fisiológicos das espécies avaliadas no estudo.

Palavras-chave: estresse salino; fotossíntese; plantas ornamentais; semiárido.

ABSTRACT

The use of a seaweed extract-based biostimulant can mitigate the harmful effects of salt stress on tropical ornamental species with different degrees of tolerance to salinity. Given the above, the objective was to evaluate the responses in growth, dry mass accumulation, leaf morphology and the physiological indices involved in salinity tolerance in tropical ornamental species cultivated under salt stress and application of algae extract. The experiment was carried out from June to August 2021, carried out in the experimental area of the Agrometeorological Station, belonging to the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Ceará. The experimental design was in randomized blocks, arranged in sub-subdivided plots, the plots being formed by three levels of electrical conductivity of the irrigation water - EC_w (0.5, 2.5 and 4.5 dS m⁻¹), classified as low, moderate and high salinity, respectively, the subplots by four concentrations of algae extract (0, 400, 800 and 1200 mg L⁻¹) and the subplots corresponded to two species of tropical ornamental plants: *Catharanthus roseus* and *Celosia argentea*. Aspects of vegetative growth, dry mass accumulation, leaf morphology, physiological indices and sensory and visual characteristics of the species were evaluated. Salinity negatively affects the morphophysiological characteristics and visual quality of both species, mainly *C. roseus*. EC_w of up to 2.5 dS m⁻¹ favors better visual quality and greater purchase preference in the species *C. argentea*. The use of increasing concentrations of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) does not attenuate the effects of salt stress on the growth and leaf morphology of ornamental species *C. argentea* and *C. roseus*. However, the intermediary concentrations of the algae extract (400 mg L⁻¹) promote partial mitigation of salt stress in the physiological indexes of the species evaluated in the study.

Keywords: salt stress; photosynthesis; ornamental plants; semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da área experimental	30
Figura 2	– Disposição dos blocos experimentais dentro da casa de vegetação	31
Figura 3	– Espécies ornamentais utilizadas no estudo. <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B)	32
Figura 4	– Aplicação foliar do extrato de algas marinhas (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	33
Figura 5	– Qualidade visual das espécies ornamentais. <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B)	36
Figura 6	– Avaliação de trocas gasosas na espécie ornamental <i>C. argentea</i>	38
Figura 7	– Processo de determinação da área foliar	38
Figura 8	– Altura de plantas de <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> irrigadas com diferentes níveis de CEa (A) e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas (B).....	41
Figura 9	– Número de folhas (A) e de flores (B) de espécies ornamentais irrigadas com diferentes CEa	43
Figura 10	– Diâmetro do caule de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	44
Figura 11	– Massa seca da raiz (A e B) e do caule (C e D) de plantas de <i>C. argentea</i> (A e C) e <i>C. roseus</i> (B e D) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	46
Figura 12	– Massa seca de folhas (A) e de flores (B) de espécies ornamentais irrigadas com diferentes CEa	47
Figura 13	– Massa seca da parte aérea (A) e total (B) de espécies ornamentais irrigadas com diferentes CEa	49

Figura 14	– Área foliar (A e B) e área foliar específica (C e D) de plantas de <i>C. argentea</i> (A e C) e <i>C. roseus</i> (B e D) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	51
Figura 15	– Razão de área foliar (A) e suculência foliar (B) de espécies ornamentais de <i>C. argentea</i> irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	52
Figura 16	– Condutância estomática (A e B), fotossíntese (C e D) e transpiração (E e F) de plantas de <i>C. argentea</i> (A, C e E) e <i>C. roseus</i> (B, D e F) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	56
Figura 17	– Concentração interna de CO ₂ de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	59
Figura 18	– Eficiência momentânea do uso da água de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	60
Figura 19	– Eficiência intrínseca do uso da água de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	61
Figura 20	– Eficiência de carboxilação de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	62
Figura 21	– Índice relativo de clorofila de plantas de <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas (A) e irrigadas com diferentes níveis de CEa (B)	63
Figura 22	– Qualidade visual de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas	64
Figura 23	– Preferência dos julgadores quando questionados sobre qual das amostras comprariam de plantas de <i>C. argentea</i> (A) e <i>C. roseus</i> (B) irrigadas com	66

diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes
concentrações de extrato de algas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos	33
Tabela 2 – Informações sobre o extrato comercial de algas marinhas (<i>Ascophyllum nodosum</i>) Alga95® de acordo com o fabricante (BioAtlantis)	34
Tabela 3 – Volume total de água consumido pelas espécies ornamentais ao final do experimento	35
Tabela 4 – Resumo das análises de variância referente aos dados de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de flores (NFL) das espécies <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas	41
Tabela 5 – Resumo das análises de variância referente aos dados de massa seca de raízes (MSR), de caules (MSC), de folhas (MSF) de flores (MFL), da parte aérea (MSPA) e total (MST) das espécies <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas	45
Tabela 6 – Resumo das análises de variância referente aos dados de área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SF) das espécies <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas	50
Tabela 7 – Resumo das análises de variância referente aos dados de condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência momentânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s), eficiência de carboxilação (A/C_i) e índice relativo de clorofila (IRC) das espécies <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas	54

Tabela 8 – Notas atribuídas para aparência geral, de plantas <i>C. argentea</i> e <i>C. roseus</i> cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas	65
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	HIPÓTESE	18
3	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivo Geral	18
3.2	Objetivos Específicos	18
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1	Agricultura irrigada	19
4.2	Qualidade da água para irrigação	20
4.3	Plantas ornamentais	21
4.4	Salinidade e seus efeitos sobre os vegetais	23
4.5	Variabilidade na tolerância à salinidade em plantas ornamentais	25
4.6	Mecanismos de tolerância à salinidade, com ênfase nos estudos com plantas ornamentais	27
4.7	Bioestimulante à base de extrato de algas como estratégia de mitigação da salinidade	30
5	MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1	Localização e caracterização da área experimental	32
5.2	Delineamento experimental e tratamentos	33
5.3	Instalação e condução do experimento	34
5.4	Coletas e Análises	37
5.4.1	Análise sensorial e qualidade visual	37
5.4.2	Crescimento vegetativo	37
5.4.3	Índices fisiológicos	37
5.4.4	Características morfológicas das folhas	38
5.4.5	Acúmulo de massa seca	39
5.5	Análises estatísticas	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1	Crescimento vegetativo	42
6.2	Acúmulo de massa seca	46
6.3	Características morfológicas das folhas	52
6.4	Índices fisiológicos	56

6.5	Qualidade visual	66
7	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	71

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da agricultura irrigada contemporânea está diretamente relacionado à questão hídrica, pois, diante dos efeitos das mudanças climáticas e da falta de políticas mais eficazes de reciclagem da água, ela tende a se tornar cada vez mais limitada qualitativa e quantitativamente (BEZERRA *et al.*, 2020).

Entre os setores produtivos que dependem da irrigação, pelo menos em uma parte do ano, as áreas de jardins e paisagismo poderiam ser abastecidas principalmente com águas salobras ou residuárias (NEVES *et al.*, 2018). Isso possibilitaria economia nos recursos hídricos que não apresentem restrições em termos de qualidade, incluindo águas subterrâneas e águas armazenadas em reservatórios. No Brasil, o cultivo de plantas ornamentais é uma importante atividade econômica devido à diversidade climática (úmida, semiárida, quente, fria), apresentado um desenvolvimento progressivo, devido ao aumento do mercado interno e da presença de pontos estratégicos à sua comercialização (BATISTA *et al.*, 2008; LACERDA *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a agricultura biosalina surge como alternativa para o uso de águas salobra, propondo o cultivo e a utilização de espécies potencialmente tolerantes à salinidade, como as plantas ornamentais (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ-BLANCO, 2015; GARCÍA-CAPARRÓS *et al.*, 2016).

A tolerância das plantas à salinidade é fundamental para o enfrentamento dos problemas de salinidade no campo. Entretanto, a produtividade e a qualidade da maioria das culturas são impactadas por níveis moderados de salinidade do solo e da água de irrigação. Porém, a utilização integrada de práticas de manejo e técnicas de cultivo podem mitigar os efeitos da salinidade (GARCÍA-CAPARRÓS; LAO, 2018). Essas práticas de cultivo incluem a adição de nutrientes na forma orgânica ou mineral, aplicação exógena de osmólitos, uso de produtos bioestimulantes, dentre outras (LACERDA *et al.*, 2021).

O uso bioestimulantes à base de extratos de algas marinhas tem sido utilizado na agricultura, em diversas regiões do mundo, com efeitos benéficos para a produtividade das culturas, notadamente sob condições de estresses bióticos e abióticos (FERNANDES *et al.*, 2019; LUNA, 2019). Embora os mecanismos de ação dos extratos de algas marinhas sejam pouco conhecidos (NEUMANN *et al.*, 2017), acredita-se que sua ação mitigadora em plantas sob estresse salino pode estar relacionada à presença de agentes antioxidantes, bem como hormônios vegetais e nutrientes minerais (LUNA, 2019). Entretanto, as respostas à aplicação desse bioestimulante são bastante variáveis em função do método de aplicação, da dose, das

condições ambientais e do tipo de planta avaliada (CARVALHO & CASTRO, 2014). Há necessidade, portanto, de ampliar os estudos para o setor de produção de espécies ornamentais, especialmente em sistemas irrigados com águas salobras.

2 HIPÓTESE

O bioestimulante produzido a partir de extratos de algas marinhas mitigará os efeitos do estresse salino em espécies herbáceas ornamentais tropicais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar as respostas no crescimento, acúmulo de massa seca, morfologia foliar, índices fisiológicos e as características sensoriais envolvidos na tolerância à salinidade em espécies ornamentais tropicais cultivadas sob estresse salino e aplicação de extrato de algas.

3.2 Objetivos específicos

- I. Avaliar as respostas biométricas de crescimento, acúmulo de massa seca, morfologia foliar e os índices fisiológicos nas espécies *Catharanthus roseus* e *Celosia argentea* sob estresse salino e diferentes concentrações de extrato de algas.
- II. Analisar o desempenho do bioestimulante à base de extrato de algas marinhas em melhorar a qualidade visual e sensorial das espécies *Catharanthus roseus* e *Celosia argentea* cultivadas em condições salinas.
- III. Propor a concentração de bioestimulante à base de extrato de algas marinhas que mitiga os efeitos depreciativos da salinidade sob as espécie ornamentais *Catharanthus roseus* e *Celosia argentea*.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Agricultura irrigada

O crescimento econômico aliado ao aumento da população mundial tem ocasionado incremento substancial na demanda por produtos advindos de atividades agropecuárias, tais como: alimentos, alimentos para animais e combustíveis. Desta forma, aumentaram as preocupações com a escassez e a superexploração de recursos de água doce em todo o mundo (GHEEWALA *et al.*, 2018).

Li *et al.* (2020) destacam em seu estudo a importância de uma gestão eficiente da água de irrigação agrícola, especialmente para os países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

Nessa perspectiva, a agricultura irrigada brasileira desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do país. Segundo os dados da Agência Nacional de Águas - ANA (2021) o Brasil está entre os 10 países com a maior área irrigada do mundo, apresentando um total de 8,2 milhões de hectares (Mha). As nações líderes mundiais são a China e a Índia, com cerca de 70 (Mha) cada, seguidos dos Estados Unidos (26,7 Mha), do paquistão (20 Mha) e do Iran (8,7 Mha). No entanto, a irrigação no Brasil é considerada pequena frente ao potencial estimado (ANA, 2021). Fato este pode ser justificado devido ao baixo incentivo das políticas públicas para irrigação e as adversidades climáticas que acometem o País.

Para Borghetti *et al.* (2017), o Brasil teria potencial para aumentar a área irrigada em 4,5 Mha até 2024, perfazendo um incremento de 64,75% em relação à situação atual. Conforme o último levantamento da ANA (2021) no Brasil, a região que apresenta a maior extensão de área irrigada é a Sudeste, com 3,86 Mha, seguida pela Sul (1,56), Centro-Oeste (1,26), Nordeste (1,18) e Norte (0,32).

De acordo com a ANA (2021), a produtividade das culturas irrigadas é de duas a três vezes maior em relação à agricultura de sequeiro, com ganhos econômicos ainda mais expressivos. Isso justifica-se ao fato que, a irrigação permite a produção agrícola em regiões áridas/semiáridas que não recebem precipitação suficiente para atender à demanda de água das culturas (KUKAL *et al.*, 2020), permitindo a utilização de áreas com restrições para a agricultura por falta de chuvas, como é boa parte da região Nordeste do Brasil. Jacinto Júnior *et al.* (2019) destacam que a instabilidade climática afeta as culturas agrícolas em quase todas

as regiões produtoras do Brasil, com períodos de excessos de pluviosidade e em outras de deficiência hídrica, sendo que este último é um cenário recorrente na região do semiárido.

A região Nordeste apresenta 16,8% das áreas irrigadas brasileiras, a mesma é caracterizada pela semiaridez, a qual apresenta como predicado principal a alta variabilidade espacial e temporal das chuvas (ANDRADE *et al.*, 2012), onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração potencial exceder a de precipitação durante a maior parte do ano (HOLANDA *et al.*, 2016), que, na maioria das vezes, são desfavoráveis à agricultura por promover elevadas demandas hídricas pelas culturas. Desta forma, a prática da irrigação torna-se fundamental para o sucesso das atividades agrícolas.

No contexto, a agricultura no semiárido brasileiro e em várias partes do mundo está enfrentando o problema com a escassez de recursos hídricos (PEREIRA FILHO *et al.*, 2017), principalmente no que diz respeito à água de boa qualidade. Esse problema, associado ao grande consumo de água na agricultura irrigada para atender uma demanda crescente da população, tem aumentado o interesse da utilização de águas de qualidade inferior. Conforme Levidow *et al.* (2014) a irrigação eficiente em termos de água, a irrigação sob demanda e a irrigação com água salobra são tecnologias que permitirão o melhor manejo de recursos de água doce mais escassos.

4.2 Qualidade da água para irrigação

O uso de águas salobras, a reutilização de água de drenagem com elevados teores de sais, a utilização de rejeitos de dessalinizadores, a utilização de águas residuárias e a utilização de espécies capazes de apresentarem rentabilidade elevada, ou no mínimo viável, mesmo quando irrigadas com águas recicladas (FERNANDES *et al.*, 2016; LACERDA *et al.*, 2021), são alternativas promissoras para a utilização de fontes de água para a irrigação na agricultura em regiões áridas e/ou semiáridas. No entanto, a utilização dessas fontes de água pode, dependendo de sua composição, afetar negativamente as propriedades físicas e químicas do solo e, dependendo do método de irrigação, provocar graus variados de estresse nos tecidos vegetais (HOLANDA *et al.*, 2016).

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para um determinado uso, ou seja, há uma relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. A adequação da água para a irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados às condições de uso (AYERS & WESTCOT, 1999).

De acordo com Bernardo *et al.* (2019), os parâmetros básicos para se analisar a água e determinar a sua qualidade para a irrigação, são: a) concentração total de sais solúveis ou salinidade; b) proporção relativa de sódio, em relação aos outros cátions ou capacidade de infiltração do solo; c) concentração de elementos tóxicos; d) concentração de bicarbonatos; e) aspecto sanitário; e, f) aspecto de entupimento de emissores.

Via de regra, todas as águas naturais, quer sejam elas de origem pluvial, superficial (rios, lagos e açudes) ou subterrânea (poços e cacimbas), contêm sais dissolvidos em quantidades variadas (HOLANDA *et al.*, 2016). A qualidade da água para irrigação se define em função de três critérios: salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade avalia o risco de aumentar a concentração de sais solúveis no solo, que resultam no efeito osmótico. O segundo avalia o risco de elevar a percentagem de sódio trocável, causando deterioração na estrutura do solo. O terceiro avalia os problemas do acúmulo de determinados íons nos tecidos das plantas (ALMEIDA, 2010). Desta forma, torna se fundamental a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização e sodificação gradativos pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas (HOLANDA *et al.*, 2016).

Dias *et al.*, (2016) salientam que o uso de águas salinas para a irrigação constitui um sério problema para a agricultura, pois, limita a produção agrícola e reduz a produtividade das culturas em níveis antieconômicos, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Por esta razão, a salinidade tem sido considerada como um dos fatores mais importantes da água de irrigação

4.3 Plantas ornamentais

A floricultura é uma atividade do setor agrícola, composta pela chamada horticultura ornamental e pode ser definida como um ramo da horticultura voltada ao cultivo de plantas com flores e ornamentais para jardins e floricultura, compreendendo a indústria floral (GETU, 2009). As plantas ornamentais têm um lugar importante na indústria hortícola, pois são usadas em jardinagem, paisagismo e flores cortadas (GARCÍA-CAPARRÓS; LOU, 2018). O cultivo de flores é reconhecido mundialmente como um ramo do agronegócio, com um faturamento de cerca de US \$ 80 bilhões por ano e uma taxa de crescimento anual estimada de aproximadamente 9% de 2018 a 2026 (ORBIS RESEARCH, 2018, SYNGENE RESEARCH, 2019).

No Brasil, o cultivo de plantas ornamentais vem se consolidado como uma importante atividade econômica devido à diversidade climática, com grandes áreas sob

condições edafoclimáticas que favorecem a cadeia de produção de flores e plantas ornamentais (BATISTA *et al.*, 2008).

Segundo o levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Floricultura - IBRAFLO (2015), o maior produtor, consumidor e exportador de flores e plantas ornamentais é o estado de São Paulo, detendo 74,5% da produção. Por sua vez, o Nordeste brasileiro ocupa destaque no cenário nacional, considerado a terceira região em plantas ornamentais e de flores no Brasil, com participação no setor produtivo de 11,8% (JUNQUEIRA & PEETZ, 2014). Deve-se ressaltar que devido às condições climáticas vários estados começaram a se destacar, a exemplo do Ceará, o qual se enquadra com um dos principais produtores de flores e plantas ornamentais na região Nordeste.

De acordo com Wu *et al.* (2018), as plantas ornamentais herbáceas geralmente apresentam características como ampla distribuição, alta adaptabilidade, grande biomassa e ciclos curtos de crescimento, além de apresentar propriedades hiper acumulativas de metais pesados. A monocultura e a policultura de plantas ornamentais tropicais mostram boa adaptação e alta remoção de poluentes, além de fornecerem valor comercial e aparência estética, essas características conferem um alto potencial para serem utilizadas como uma grande plantadora de áreas externas nos jardins das casas em comunidades rurais (MUÑIZA *et al.*, 2020).

Embora as plantas ornamentais sejam um elemento importante de nossos ambientes, existem poucas informações disponíveis na literatura sobre o cultivo, tratamentos culturais, exigências nutricionais, susceptibilidade a pragas e doenças e requerimentos hídricos dessas espécies.

A principal restrição à produção de plantas ornamentais é o consumo de água: foi estimado que 100-350 litros de água são necessários para produzir 1 kg de matéria seca da planta, embora isso possa variar de acordo com a espécie e variedade, sistema de cultivo e estação de crescimento da planta (FORNES *et al.*, 2007).

Ao longo de décadas, os produtores usaram água de alta qualidade para irrigar plantas ornamentais devido ao seu alto valor econômico. Atualmente, o aumento da produção populacional e agrícola, juntamente com as fontes decrescentes de água doce, continuam a intensificar a competição por água boa qualidade (CARTER & GRIEVE, 2010). Desta forma, tornando-se necessária a utilização de águas com qualidade inferior para a irrigação destas espécies.

Na literatura, existem poucas informações sobre o manejo da irrigação de plantas ornamentais com água de menor qualidade. Embora existam espécies que se desenvolvem satisfatoriamente em condições salinas, a maioria das lavouras é sensível ao excesso de sais na

água de irrigação, exigindo estudos que avaliem melhores estratégias de manejo (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

4.4 Salinidade e seus efeitos sobre os vegetais

A salinidade do solo e da água e os problemas associados constituem uma das principais restrições abióticas na produção global de alimentos e demais produtos advindos da agricultura e são particularmente críticos nas regiões semiáridas e áridas (MINHAS *et al.*, 2020). A salinidade é um termo que qualifica uma situação de excesso de sais solúveis no solo ou no ambiente radicular, onde as plantas estão crescendo. Já o solo é considerado salino quando a quantidade de sais existentes é capaz de prejudicar o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

As altas concentrações de sais e a inexistência de sistemas de drenagem na área de cultivo propiciam que a água de irrigação possa rapidamente alcançar níveis prejudiciais às espécies sensíveis ao sal, com prejuízo substancial à fisiologia e aos processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo, em situação extrema, a sobrevivência da espécie (TAIZ *et al.*, 2017). Concentrações elevadas de sais além de reduzir o potencial hídrico, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo vegetal (MUNNS & TESTER, 2008). Desta forma, o estresse ocasionado pela salinidade afeta de forma negativa a maioria dos processos vitais aos vegetais, desde danos na germinação de sementes, emergência de plântulas, injúrias no crescimento e nas trocas gasosas e até reduções na produtividade das culturas.

Em ambientes com alta concentração de sais, as plantas podem sofrer estresse em função da baixa disponibilidade de água no solo, em consequência da diminuição do potencial osmótico na zona radicular e devido às grandes quantidades de sais na solução do solo, pelo efeito fitotóxico de altas concentrações de íons específicos (MACÊDO *et al.*, 2007). Dessa forma, a toxicidade é provocada predominantemente pelos íons cloreto, sódio e boro, e o acúmulo excessivo desses íons tóxicos contribui para aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2005)

Segundo (LARRÉ *et al.*, 2014), a salinidade afeta a germinação e o vigor das sementes, dificultando não apenas a cinética de absorção de água, mas também facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos nas sementes embebidas, acarretando desta forma, decréscimos na porcentagem de plântulas emergidas em diversas espécies (FREIRE *et al.*, 2018; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2020).

Verifica-se na literatura científica que, o estresse salino compromete o crescimento e o desenvolvimento em diferentes espécies vegetais (NEVES *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2019; SOUSA *et al.*, 2020), que é induzido pelo decréscimo no potencial hídrico da solução do solo a nível abaixo do necessário para que ocorra a absorção de água pelas células das raízes, impedindo a expansão celular, visto que o potencial de pressão da célula tende a se igualar com o do solo (TAIZ *et al.*, 2017).

Segundo (AMORIM *et al.*, 2010) o excesso de sais ocasionados por esse tipo de estresse pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes essenciais para as plantas (SOUSA *et al.*, 2010). Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade se destaca a fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons sódio (Na^+) e/ou cloro (Cl^-) nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ *et al.*, 2017).

Diversos autores têm reportado os efeitos deletérios do estresse provocado pela salinidade nas respostas fisiológicas de diversas culturas de interesse agrícola, os quais acarretam prejuízos na taxa fotossintética líquida, condutância estomática e na transpiração (BRAZ *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019; SOUSA *et al.*, 2020).

Gomes *et al.* (2015) afirmam que as plantas sob condições salinas fecham seus estômatos precocemente como mecanismo de defesa, e este fenômeno se deve à redução da permeabilidade das raízes à água, dando origem ao estresse hídrico. Para os autores a resposta estomática usualmente ocorre ante da inibição da fotossíntese e restringe a disponibilidade de CO_2 nos sítios de assimilação no cloroplasto e esse mecanismo de defesa é, provavelmente, o fator mais importante de controle da fixação do carbono.

A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005; MUNNS & GILLIHAM, 2015). Podendo desta forma, provocar diminuição na extração de nutrientes minerais do solo, conforme elucidam em seus estudos (NEVES *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2010).

A salinidade é um dos principais estresses ambientais que afetam negativamente o crescimento e o metabolismo vegetal, além de ser um dos fatores responsáveis pelo decréscimo

na produtividade de culturas de interesse agrícola em regiões áridas e semiáridas (BARBOSA *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2020).

A redução da produtividade das culturas está diretamente relacionada a três principais efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO₂, e que é consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético, sendo consequência do acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e/ou da redução na turgescência e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados (LACERDA *et al.*, 2003).

Os efeitos depreciativos provocados pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares de clorofila e de carotenoides, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a adaptabilidade aos ambientes adversos (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

4.5 Variabilidade na tolerância à salinidade em plantas ornamentais

Entre os setores que dependem da irrigação, pelo menos em uma parte do ano, as áreas de jardins e paisagismo poderiam ser abastecidas principalmente com águas de menor qualidade, no Brasil, no entanto, as plantas ornamentais são irrigadas com água de boa qualidade e as informações sobre sua tolerância à salinidade, são limitadas e esporádicas (NEVES *et al.*, 2018).

García- Caparrós & Lao. (2018) salientam que o efeito da irrigação com água salina em plantas ornamentais foi investigado em uma extensão muito menor do que em outras culturas, porque os ornamentais são normalmente irrigados com água de alta qualidade. No entanto, existem muitos trabalhos sobre os efeitos do estresse salino em plantas ornamentais, descrevendo os efeitos em uma ou mais espécies.

Acosta-Motos *et al.* (2017) relatam que plantas ornamentais submetidas ao estresse salino exibem uma diminuição no peso fresco e no peso seco, principalmente da parte aérea, este resultado deve-se principalmente à redução do número de folhas, à formação de folhas menores e à altura reduzida das plantas. A redução na produção de biomassa sob condições salinas pode ser usada para a classificação do grau de tolerância ao sal de espécies ornamentais, informações essenciais para o viveiro para escolher qual espécie é a mais adequada para o solo e a água disponíveis (GARCÍA-CAPARRÓS & LOU, 2018).

Em culturas ornamentais cultivadas sob estresse salino, pode haver uma redução do número e da qualidade das flores. Assim, plantas sujeitas a estresse salino podem reduzir a intensidade da floração, antecipar ou retardar a floração e diminuir o período de floração (ÁLVAREZ *et al.*, 2012). Conforme García-Caparrós & Lou (2018), a redução do número e da qualidade das flores pode resultar em uma diminuição das vendas para as culturas da floricultura que não são aceitáveis para os cultivadores.

Outro efeito danoso do estresse salino que impacta diretamente na qualidade visual de espécies ornamentais é a redução da clorofila. Diminuições na concentração de clorofila em plantas ornamentais sob condições salinas foi registrada por (CANTABELLA *et al.*, 2017). Esse efeito negativo resulta no amarelecimento das folhas, afetando a aparência visual e, portanto, o valor de venda dessas espécies ornamentais. Pois, a alta salinidade ao reduzir a concentração relativa de clorofila afeta negativamente a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (PSII) (NIU & RODRIGUEZ, 2006), reduzindo desta forma, a atratividade, o valor ornamental e, conseqüentemente a comercialização destas espécies.

Neves *et al.* (2018) elucidam em seu estudo que, análises quantitativas (crescimento e fisiológicas) e qualitativas (sensoriais) mostraram que as plantas de 'Boa noite' (*Catharanthus roseus*) podem ser produzidas com água salina de 2,5 dS m⁻¹, sendo as plantas deste tratamento as preferidas pelos juízes em análise sensorial. Oliveira *et al.* (2017), avaliando manejos de irrigação com água salina sobre o crescimento de plantas ornamentais, verificaram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu o crescimento das espécies ornamentais (*Catharanthus roseus*, *Allamanda cathartica*, *Ixora coccinea* e *Duranta erecta*). Ressalta-se que os efeitos da salinidade sobre espécies ornamentais variam de acordo com a espécie e/ou com genótipos de uma mesma espécie, mostrando assim alta variabilidade na tolerância ao estresse salino.

Por outro lado, dado ao elevado número de espécies ornamentais possíveis de serem cultivadas e utilizadas em ornamentação e paisagismo, a probabilidade de encontrar genótipos tolerantes ao estresse salino é elevada (CASSANITI *et al.*, 2012), apresentando considerável capacidade de desenvolvimento e produção com características comerciais aceitáveis sob tais condições. A exemplo da espécie *Celosia argentea*, que apresenta potencial como uma cultura de flor de corte capaz de desenvolver-se em condições de salinidade, apresentando resultados satisfatórios quando irrigada com condutividade elétrica de 10 e 12 dS m⁻¹ para as cultivares Chief rose e Chief gold, respectivamente (CARTER *et al.*, 2005).

Ao investigar a tolerância aos sais de seis flores silvestres nativas de clima semiárido, Niu *et al.*, (2012) verificaram que a erva-cidreira foi mais sensível ao estresse salino

e não tolerou elevada salinidade na água de irrigação; a Margarida de chocolate foi moderadamente sensível e só deve ser usada em situações com salinidade limitada; a prímula da noite de Hooker e a sálvia do copo farinhento foram moderadamente tolerantes e podem ser irrigadas com água de baixa salinidade com uma CE inferior a $3,9 \text{ dS m}^{-1}$. O chapéu mexicano foi o mais tolerante entre as espécies selecionadas, tolerante bem até uma CEa de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

García-Caparrós & Lao (2018) concluíram que, devido ao alto consumo de água associado ao cultivo de plantas ornamentais e da diminuição da disponibilidade de água doce no mundo, o uso de águas salinas para a produção dessas plantas é uma alternativa sustentável. Entretanto, o estresse salino envolve, entre outros, redução do crescimento, desequilíbrios nutricionais, alterações nas relações hídricas e fotossíntese, estresse oxidativo que reduz a qualidade visual das plantas ornamentais e, conseqüentemente, a sua vendabilidade. Logo, é necessário identificar espécies que apresentem tolerância ao estresse salino, além de buscar estratégias de manejo que suavizem os efeitos deletérios da salinidade.

4.6 Mecanismos de tolerância à salinidade, com ênfase nos estudos com plantas ornamentais

De acordo com Munns & Tester (2008), os mecanismos de tolerância à salinidade podem ser de alta ou baixa complexidade. São considerados de baixa complexidade aqueles que alteram rotas bioquímicas, enquanto de altas complexidades são mecanismos no qual as alterações protegem processos vitais, como por exemplo a fotossíntese e a respiração. Conus *et al.* (2009) descrevem tolerância à salinidade como a habilidade da planta em evitar, por meio de uma regulação salina, que grandes quantidades de sais alcancem o protoplasma, e também de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais na planta.

As plantas apresentam diferentes mecanismos de tolerância à salinidade por meio mecanismos bioquímicos e moleculares para diminuir os efeitos nocivos dos sais (PARIDA & DAS, 2005). Esses mecanismos incluem: o acúmulo seletivo ou a exclusão de íons; o controle na absorção dos íons pelas raízes e seu transporte para as folhas; a compartimentalização dos íons no vacúolo; a síntese de solutos compatíveis; mudanças na rota fotossintética; alteração na estrutura das membranas; produção de enzimas antioxidantes e hormônios vegetais (TESTER & DAVENPORT, 2003; FLOWERS, 2004; PARIDA & DAS, 2005).

Outro mecanismo importante de tolerância é o aumento da atividade das enzimas antioxidantes, para evitar os efeitos do estresse oxidativo (FOYER & SHIGEOKA, 2011). Este

é um mecanismo que evita o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) que causa danos aos ácidos nucleicos, proteínas, peroxidação lipídica da membrana e interrompe a homeostase redox (AZOOZ *et al.*, 2009). A tolerância é afetada por muitos genes diferentes envolvidos nessas várias vias metabólicas, como extrusão de íons, compartimentação de íons, síntese de solutos compatíveis e EROs de eliminação (SUN *et al.*, 2010; KUMAR *et al.*, 2009).

Quando as plantas são submetidas a diversos tipos de estresses abióticos, tais como restrição hídrica, salinidade e elevação da temperatura, desenvolvem mecanismos fisiológicos e bioquímicos para diminuir os efeitos prejudiciais, entre eles está a produção de osmólitos compatíveis, como açúcares, que podem se acumular promovendo um ajuste osmótico e preservando a energia da planta (SIRINGAM *et al.*, 2011).

A prolina é um importante osmoprotetor encontrado nas plantas. Quando em grandes quantidades dentro da planta, não alteram negativamente o seu metabolismo e se acumulam de forma a ajustar a quantidade de água na célula vegetal, evitando perdas excessivas pelo controle do potencial osmótico (SZABADOS *et al.*, 2011). Plantas que apresentam maior eficiência no uso da água podem apresentar maior tolerância à salinidade, devido à maior regulação das perdas de água e pela ocorrência do retardamento no acúmulo de sais nas folhas (FERNANDES *et al.*, 2016).

A tolerância das plantas à salinidade é um dos temas bem estudado no meio científico, sendo as pesquisas voltadas principalmente para três aspectos: estudos dos mecanismos de tolerância, levando-se em conta análises fisiológicas, bioquímicas e moleculares (MUNNS & TESTER, 2008; PRISCO *et al.*, 2016), identificação e avaliação do potencial de halófitas (COSTA & BONILLA, 2016; FERNANDES *et al.*, 2016) e na avaliação do grau de tolerância de glicófitas. Todas essas pesquisas visam encontrar genótipos capazes de produzirem economicamente sob condições de salinidade, mas o sucesso nem sempre tem sido obtido mesmo com o emprego de técnicas modernas de engenharia genética (SOARES FILHO *et al.*, 2016).

Ocorre variação da tolerância à salinidade entre espécies (KUDO *et al.*, 2010) e até mesmo dentro da espécie (SANTOS *et al.*, 2014) e depende de vários fatores, como a intensidade e duração do estresse salino (NEVES *et al.*, 2009; FREITAS *et al.*, 2013) e estágio fenológico da cultura (BUSTINGORRI & LAVADO, 2011).

Na literatura científica, embora existam muitos estudos sobre a tolerância de plantas à salinidade, pouco se sabe em termos de mecanismos que conferem tolerância aos sais, especialmente quando trata-se de estudos com espécies ornamentais tropicais. Álvarez *et al.* (2018), trabalhando com a espécie ornamental *Pistacia lentiscus*, verificaram que na presença

de sal, a suculência das folhas foi superior aos demais tratamentos. De acordo com os mesmos autores, em condições de estresse salino, o aumento da suculência tende a diminuir as concentrações de íons intracelulares e evitar o acúmulo excessivo de íons na seiva da folha.

Em geral, um aumento nas concentrações externas de NaCl induz um aumento de Na⁺ e Cl⁻ nas raízes e folhas de diferentes plantas ornamentais (ÁLVAREZ *et al.*, 2012; CASSANITI *et al.*, 2013; LACERDA *et al.*, 2020). Em um ambiente salino, o controle de elevadas concentrações de Na⁺ e/ou Cl⁻ das partes aéreas das plantas, restringindo a entrada através das raízes e limitando o transporte para as folhas (retendo esses íons na raiz e caule) é um mecanismo de tolerância importante que permite às plantas sobreviver e crescer sob condições de estresse salino (COLMER *et al.*, 2005; MURILLO-AMADOR *et al.*, 2006).

Em estudos com trocas gasosas, Álvarez *et al.* (2018) ressaltam que a diminuição da condutância estomática observada na ornamental *Pistacia lentiscus* sugere um controle adaptativo e eficiente da transpiração por esta espécie, limitando a perda de água ou reduzindo o teor de sais das folhas. Como resultado, a fotossíntese líquida é inevitavelmente reduzida devido à diminuição da disponibilidade de CO₂ em nível do cloroplasto (TAIZ *et al.*, 2017), como visto em muitas outras espécies ornamentais submetidas a condições salinas (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2015; WU *et al.*, 2016; NEVES *et al.*, 2018; CHEN *et al.*, 2020).

No contexto, Lacerda *et al.* (2020) concluíram que, a maior tolerância à salinidade da espécie *Ixora coccinea*, evidenciada pelas menores reduções na taxa fotossintética, deve-se à sua capacidade de prevenir o acúmulo excessivo de sódio nos tecidos fotossintetizantes e manter os traços morfofisiológicos das folhas. Ainda acrescentam, que baixos valores de condutância estomática, taxa de transpiração e área foliar específica podem contribuir para que as plantas de *Ixora coccinea* tolerem as condições adversas impostas pelo excesso de sais no ambiente radicular.

Outro mecanismo de tolerância à salinidade evidenciado em espécies ornamentais é a produção de osmorreguladores. Sob estresse salino, as plantas acumulam compostos de baixa massa molecular denominados solutos compatíveis para ajustar o potencial osmótico do citoplasma porque eles não interferem com as reações bioquímicas normais (FAHAD *et al.*, 2015). A concentração foliar de prolina é o indicador mais relacionado à sensibilidade e/ou a tolerância das plantas ornamentais ao estresse salino, uma vez que o maior acúmulo é observado nas espécies mais sensíveis aos sais. No entanto, essa relação negativa não deve ser generalizada para todas as espécies ornamentais estudadas, uma vez que o acúmulo de prolina também depende do grau de suculência foliar (LACERDA *et al.*, 2020).

Deve-se considerar também que os mecanismos observados nessas plantas podem não ser suficientes para prevenir danos no crescimento e na qualidade visual (GARCIA-CAPARRÓS & LAO, 2018). Desta forma, faz-se necessário a investigação de mecanismos presentes no metabolismo de espécie ornamentais tropicais cultivadas sob condições salinas a fim de buscar entender como as plantas podem tolerar a salinidade da água e do solo, o que permita exploração econômica e sustentável das culturas, possibilitando assim, traçar possíveis estratégias de manejo.

4.7 Bioestimulante à base de extrato de algas como estratégia de mitigação da salinidade

O uso de bioestimulantes na agricultura tem o objetivo de regular e modificar os processos fisiológicos das plantas para estimular o crescimento, atenuar os efeitos deletérios causados por estresses abióticos e elevar a produtividade (YAKHIN *et al.*, 2017). Segundo (DU JARDIN, 2015), bioestimulante é qualquer substância ou microrganismo aplicado em plantas a fim de aumentar o aproveitamento do uso de nutrientes, assim como, de tolerar estresses abióticos, e ou, as características de qualidade da cultura, independente do seu conteúdo de nutrientes.

É importante notar que os bioestimulantes não fornecem nutrientes diretamente para as culturas, em vez disso, facilitam a absorção de nutrientes modificando a rizosfera e o metabolismo da planta, resultando em aumento da eficiência de nutrientes, tolerância a estresses abióticos e melhoria da qualidade da cultura. (DROBEK *et al.*, 2019). Os bioestimulantes produzidos a partir de extratos de algas contêm moléculas bioativas complexas que apresentam funcionalidades variadas, de acordo com o método de extração e modo de aplicação (SHUKLA *et al.*, 2019). Em baixas aplicações, os bioestimulantes à base de algas já demonstraram em inúmeras pesquisas seu potencial em estimular o crescimento das plantas, aumentar o número de flores, frutos e raízes, melhorando a tolerância das plantas à salinidade, à seca e ao calor (BATTACHARYYA *et al.*, 2015).

A utilização de extratos de algas na agricultura vem aumentando significativamente nas últimas décadas, sendo observado que consideráveis parcelas dos 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente são empregadas como estimulantes (KHAN *et al.*, 2009; CRAIGIE, 2011). Pode-se considerar os extratos de algas também como agentes antiestressantes, uma vez que afetam o sistema antioxidante (enzimático e não-enzimático) das plantas, aumentando a tolerância do vegetal frente a condições ambientais adversas e melhorando a capacidade de recuperação após o estresse (ERVIN *et al.*, 2004; ZHANG &

ERVIN, 2004; NAIR *et al.*, 2011), o que pode potencialmente incrementar ou, ao menos, manter a produção das plantas, mesmo sob condições não ideais de cultivo.

Entre os bioestimulantes utilizados na agricultura, os extratos à base de algas *Ascophyllum nodosum* Le Jolis se destacam pelo conteúdo de hormônios vegetais que regulam e estimulam o crescimento, além de macro e micronutrientes, pigmentos, vitaminas, aminoácidos e outros compostos osmoprotetores (MICHALAK *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2018; RAGHUNANDAN *et al.*, 2019). Segundo (KERIN, 1998), *Ascophyllum nodosum*, chamada de alga marrom, encontrada em abundância no Atlântico Norte e cultivada comercialmente no litoral da Nova Escócia, é utilizada como fertilizante na agricultura do Canadá, França e Inglaterra desde o século 19, inicialmente aplicado ao solo em sua forma natural como fonte de matéria orgânica. No Brasil, o uso da alga *Ascophyllum nodosum* nas culturas comerciais, em geral, encontra-se em plena expansão necessitando de informações mais precisas em relação ao seu uso adequado (SILVA *et al.*, 2016).

Quanto ao uso de extratos de algas marinhas na agricultura, as pesquisas estão relacionadas à presença de agentes antioxidantes em sua composição, produção de hormônios vegetais e maior disponibilidade de nutrientes minerais, melhorando o crescimento e desenvolvimento de plantas submetidas ao estresse salino (CARVALHO & CASTRO, 2014; KUMAR, 2014; NEUMANN *et al.*, 2017).

Santos *et al.* (2019) ao analisar os efeitos de diferentes concentrações de um bioestimulante à base de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) (0, 5, 10 ou 15 mL L⁻¹) em pulverizações diárias na germinação e crescimento inicial de plântulas de girassol ornamental, obteve-se que a concentração de 15 mL L⁻¹ a base de algas marinhas é recomendada para a germinação de sementes e crescimento de plantas de girassol ornamental “Sol Pleno”.

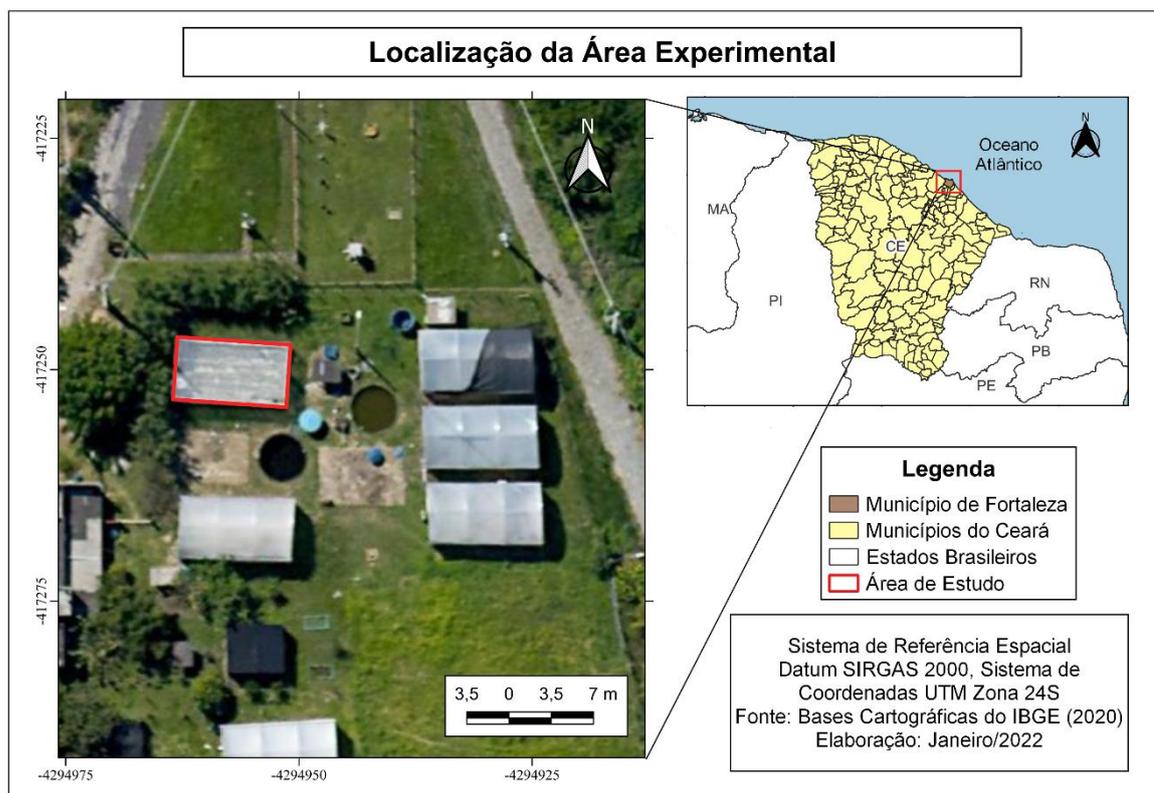
No entanto, atualmente pouco se sabe sobre a utilização através da aplicação via foliar de extrato de alga e seus efeitos morfológicos e fisiológicos em plantas ornamentais, principalmente, quando cultivadas sob condições de estresse salino, o que mostra a necessidade de novas pesquisas para melhor avaliar seus efeitos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no período de junho a agosto de 2021, conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica (Figura 1), pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza - Ceará, Brasil, situado nas coordenadas geográficas: 3° 44' 44" de latitude Sul; 38° 34' 50" de longitude Oeste e aproximadamente 19 m de altitude.

Figura 1 - Mapa de localização da área experimental



Fonte: IBGE (2020), adaptado pelo autor

No estudo foi utilizado uma casa de vegetação, com estrutura metálica galvanizada do tipo arco treliçado, cada uma medindo 3,50 m de altura na parte central, 2,50 m de pé direito, 6,40 m de largura, 12,50 m de comprimento. A cobertura consiste de filme de polietileno de baixa densidade, com aditivo contra radiação ultravioleta, e espessura de 0,15 mm, transparência à radiação solar de 80%, apresentando tela antiafídios nas laterais e nos fundos e

tela de sombreamento cinza. Durante a realização do experimento os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram monitorados, mediante o uso de um Data Logger (modelo HOBO® U12-012 Temp/RH/Light/Ext). A temperatura média do ar variou de 27,4 a 31,1 °C, ao passo que a umidade relativa variou de 56,7 a 67,5% e, os valores médios de luz diária variaram de 13.739,5 a 22.474,8 Lux. O fotoperíodo foi de cerca de 12 h durante o período experimental.

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

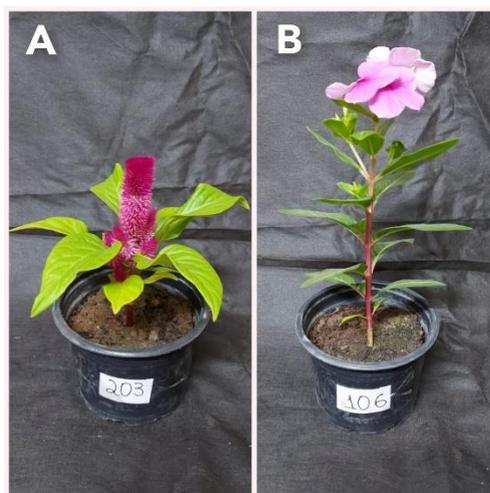
O delineamento experimental foi em blocos casualizados (Figura 2), arranjados em parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas formadas por três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,5; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹), classificadas como baixa, moderada e alta salinidade, respectivamente, as subparcelas por quatro concentrações de extrato de algas (0, 400, 800 e 1200 mg L⁻¹) e as subsubparcelas corresponderam a duas espécies de plantas ornamentais tropicais: *Celosia argentea* (Crista de Galo) e *Catharanthus roseus* (Boa noite) (Figura 3). Foram utilizados quatro blocos, com três plantas por unidade experimental, sendo uma planta cultivada por vaso, totalizando 288 plantas.

Figura 2 – Disposição dos blocos experimentais dentro da casa de vegetação



Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 3 – Espécies ornamentais utilizadas no estudo. *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B)



Fonte: Autoria própria, 2022

O preparo dos tratamentos salobros foi realizado utilizando sais de NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, na proporção equivalente a 7:2:1, entre os cátions Na^+ , Ca^{2+} , e Mg^{2+} , obedecendo-se a relação entre condutividade elétrica da água (CEa) e sua concentração ($\text{CEa} = \text{mmolc L}^{-1}/10$). A proporção dos sais utilizados é uma aproximação representativa da maioria das fontes de água subterrânea do semiárido brasileiro (MEDEIROS, 1992). A água utilizada no preparo das soluções foi proveniente de um poço e a água do tratamento controle da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – (Cagece). As características químicas, pH, CE (dS m^{-1}), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- e HCO_3^- (mmolc L^{-1}) das duas fontes de água foram, respectivamente: água de poço: (7,6; 0,8; 1,1; 2,7; 4,6; 0,4; 7,1; e 2,3); água da Cagece (6,6; 0,5; 1,2; 1,5; 2,1; 0,3; 5,4; e 0,1).

5.3 Instalação e condução do experimento

A semeadura foi realizada diretamente em vasos de polietileno, com capacidade de 700 mL, colocando-se em média cinco sementes por vaso. Estes foram preenchidos com substrato composto por arisco e húmus de minhoca, na proporção 4:2, respectivamente. O tamanho dos vasos e o substrato foram escolhidos seguindo informações de produtores de ornamentais da região. O substrato foi caracterizado quimicamente quanto à fertilidade e o resultado está disposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do substrato

Chemical characteristics													
(MO N)	(Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ³⁺	Al	SB)	P	CTC	V	ECse	pH	
(g kg ⁻¹)	----- (cmol _c kg ⁻¹) -----							(mg kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)	(%)	(dS m ⁻¹)	Água	
14.07	0.89	4.3	0.83	1.9	0.36	1.49	0.1	7.39	342	8.88	83	1.76	6.2

MO – Matéria orgânica; SB – Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺); CTC – Capacidade de troca de cátions – [Ca²⁺ Mg²⁺ Na⁺ K⁺ (H⁺ Al³⁺)]; V – Saturação por bases – (Ca²⁺ Mg²⁺ Na⁺ K⁺/ CTC) x 100. CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação

As sementes das espécies foram adquiridas da Empresa Isla Sementes. A semedura foi realizada colocando-se cinco sementes por vaso e, após a emergência, cerca de 12 dias após a semedura (DAS), foi feito o desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Em seguida, procedeu-se adubação com N-P-K na formulação 10-10-10, as fontes utilizadas foram ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P₂O₅, 25% de CaO e 12% de S) e cloreto de potássio (62% de K₂O), aplicando-se 1,0 g por vaso (BEZERRA *et al.*, 2020). Entre a semedura e o desbaste (14 DAS), as plântulas foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹).

A aplicação do extrato de algas marinhas iniciou-se aos 14 DAS e foi realizada semanalmente via pulverização foliar, com um total de cinco aplicações (Figura 4). Foi utilizado extrato comercial da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (Alga95®), na forma de pó, totalmente solúvel em água. As quatro concentrações do extrato de algas foram definidas com base na recomendação proposta pela empresa fabricante.

Figura 4 – Aplicação foliar do extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*)

Fonte: Autoria própria, 2022

De acordo com o fabricante, o extrato contém macronutrientes, micronutrientes quelatizados, mais de 60 oligoelementos, carboidratos, aminoácidos, antioxidantes e

estimulantes de crescimento vegetal. As informações técnicas do produto fornecidas pela empresa comercializadora estão inseridas na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações sobre o extrato comercial de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) Alga95® de acordo com o fabricante (BioAtlantis).

Características	
Aparência	Pó microgranular preto
Odor	Marinho
Solubilidade em água	> 99%
pH	9,0 - 10,5
Sólidos totais	92 - 98%
Matéria orgânica	40 - 50%
Matéria inorgânica	45 - 52%
Densidade	0,55 - 0,85 kg L ⁻¹
Garantias	
Óxido de potássio solúvel (K ₂ O)	20,00%
Carbono orgânico total	26,00%
Nitrogênio solúvel	1,00%
Sódio solúvel	3,0 – 5,0%
Ingredientes ativos	
Hormônios vegetais: auxina, citocinina, giberilina, betaína e ABA.	
Carboidratos totais: alginatos, manitol e laminarina.	
Aminoácidos: alanina, ácido glutâmico, prolina, leucina, dentre outros.	

Fonte: Adaptado pelo autor.

A partir dos 15 DAS todas as plantas foram irrigadas com as águas de diferentes condutividades elétricas, conforme os tratamentos, permanecendo até 50 dias da semeadura. Esse período foi definido com base no tempo requerido para a produção das plantas para comercialização.

As irrigações foram realizadas de forma manual, com turno de rega de dois dias, sendo a quantidade de água a ser aplicada determinada pelo método do lisímetro de drenagem, em que a irrigação é realizada com base no consumo hídrico da cultura, estimada por meio da diferença entre o volume de água aplicado e o volume drenado (Equação 01). Em cada irrigação foi adotada uma fração de lixiviação de 0,15 de modo a evitar o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das mudas (AYERS & WESTCOT, 1999).

$$ITN = \frac{(VA - VD)}{(1 - 0,15)} \quad (01)$$

Em que: ITN: irrigação total necessária (mL); VA: volume de água aplicado (mL); VD: volume de água drenado (mL); 0,15: fração de lixiviação.

Foram realizados 18 eventos de irrigação, em que, os dados referentes ao consumo hídrico das espécies estudadas em função de cada tratamento foram tabulados e estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Volume total de água consumido pelas espécies ornamentais ao final do experimento

CEa (dS m ⁻¹)	Consumo hídrico (mL)			
	Concentrações de extrato de algas (mg L ⁻¹)			
	0	400	800	1200
<i>C. argentea</i>				
0,5	2045,7	1998,3	1975,1	1738,8
2,5	2010,9	1877,6	1798,7	1752,8
4,5	1659,4	1658,1	1547,1	1491,2
<i>C. roseus</i>				
0,5	1675,3	1744,6	1780,1	1853,3
2,5	1614,5	1629,1	1680,6	1798,8
4,5	1461,9	1499,9	1551,5	1581,1

Fonte: Autoria própria, 2022

5.4 Coletas e análises

5.4.1 Crescimento vegetativo

Aos 51 DAS foram realizadas medidas da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de flores (NFL). Para determinar a altura das plantas, foi utilizada uma régua graduada para medir a partir do colo da planta até a extremidade da haste principal, sendo o valor expresso em centímetros (cm). O diâmetro do caule foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, a uma altura de aproximadamente 2 cm acima da superfície do solo e os valores expressos em milímetros (mm). O número de folhas e de flores foi determinado por meio de contagem manual a partir da base da planta até o ápice.

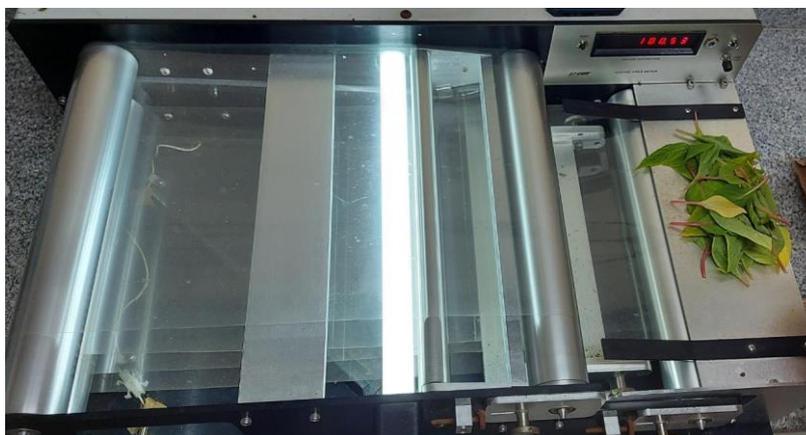
5.4.2 Acúmulo de massa seca

O material vegetal foi colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C para secagem até massa constante. Em seguida, foi realizada com o auxílio de uma balança analítica graduada em gramas (g), a produção de massa seca de raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF) e flores (MSFL). A massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida a partir do somatório dos dados de (MSC, MSF e MSFL) e a massa seca total (MST) foi calculada a partir dos dados obtidos após a pesagem e do somatório das massas das diferentes partes da planta.

5.4.3 Características morfológicas das folhas

As plantas foram coletadas e destacadas em flores, folhas, caules e raízes. As folhas foram primeiramente passadas em integrador de área (Figura 7) (Area meter, LI-3100, Licor, USA) para obtenção da área foliar (AF, cm² planta⁻¹).

Figura 7 - Processo de determinação da área foliar



Fonte: Autoria própria, 2022

A área foliar específica (AFE) foi obtida pela divisão dos valores de área foliar pela massa seca de folhas, conforme a equação 2 (BENINCASA, 2003).

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (02)$$

em que: AFE - área foliar específica (cm² g⁻¹), AF - área foliar da planta (cm² planta⁻¹) e MSF - massa seca de folhas (g planta⁻¹).

A razão da área foliar (RAF) foi obtida pela relação entre a área foliar e a massa seca total, mediante a equação 3 (BENINCASA, 2003).

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}}{\text{MST}} \quad (03)$$

em que: RAF - razão da área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), AF - área foliar da planta ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$) e MST - massa seca total (g planta^{-1}).

A suculência foliar (SF) foi expressa pela quantidade de água (massa fresca – massa seca das folhas) dividida pela área foliar, conforme a equação 4 por (MANTOVANNI, 1999)

$$\text{SF} = \frac{(\text{MF} - \text{MSF})}{\text{AF}} \quad (04)$$

em que: SF – suculência foliar ($\text{g H}_2\text{O m}^{-2}$), MF – massa fresca de folhas (g planta^{-1}), MSF – massa seca de folhas (g planta^{-1}) e AF – área foliar ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$).

5.4.4 Índices fisiológicos

Aos 50 DAS foram determinados os seguintes índices fisiológicos: condutância estomática (g_s , em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A , em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração foliar (E , em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), utilizando um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA), modelo LI-6400XT, Licor, USA, com intensidade luminosa de $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 6). As leituras foram realizadas no período da manhã, entre 08 e 10 h, em folhas completamente expandidas de cada planta e sob condições ambientes de temperatura e umidade relativa do ar. De posse dos dados fisiológicos, calculou-se a eficiência momentânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e a eficiência de carboxilação (A/C_i).

Figura 6 – Avaliação de trocas gasosas na espécie ornamental *C. argentea*



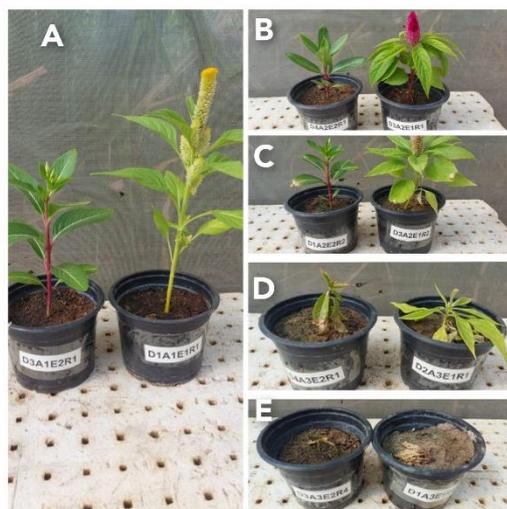
Fonte: Autoria própria, 2022

O índice relativo de clorofila foi mensurado com o auxílio de um clorofilômetro (SPAD, Minolta), na mesma data e nas mesmas folhas utilizadas para medição das trocas gasosas foliares. Foram realizadas 3 leituras por folha, sendo o valor médio expresso como índice relativo de clorofila (IRC).

5.4.5 Análise sensorial e qualidade visual

Aos 50 DAS foram realizadas as análises sensoriais e de qualidade visual. A qualidade visual das plantas foi avaliada em uma escala de 1 a 5 (Figura 5), em que as notas foram atribuídas da seguinte forma: 5 = plantas não murchas e sem necrose visível (Figura 5A); 4 = plantas com ligeira murcha, mas sem necrose visível (Figura 5B); 3 = plantas murchas e com necrose visível (Figura 5C); 2 = plantas murchas com necrose significativa (Figura 5D); e 1 = plantas mortas (Figura 5E), conforme metodologia proposta por Moore *et al.* (2019).

Figura 5 – Qualidade visual das espécies ornamentais *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B)



Fonte: Autoria própria, 2022

Para a análise sensorial, inicialmente foram selecionadas de forma aleatória 24 plantas, sendo uma planta para cada nível de salinidade, concentração de extrato de algas e para cada uma das espécies. Após a seleção realizou-se a análise sensorial seguindo a metodologia descrita por Ureña *et al.*, (1999), adaptada para avaliação qualitativa dos efeitos da salinidade (NEVES *et al.*, 2018). Utilizou-se a escala hedônica com nove pontos numéricos, sendo eles: 1. desgostei extremamente; 2. desgostei muito; 3. desgostei moderadamente; 4. desgostei ligeiramente; 5. indiferente; 6. gostei ligeiramente; 7. gostei moderadamente; 8. gostei muito e 9. gostei extremamente, e do método afetivo (teste de preferência), em que se fez a seguinte pergunta aos avaliadores: “Em sua opinião como consumidor, qual das plantas você compraria?” Conforme formulário de coleta de dados (Apêndice A).

A análise foi realizada por 156 julgadores escolhidos ao acaso, por meio de formulário eletrônico do google. Os testes de avaliação de atributos e preferência, a partir dos dados de identificação, foram constituídos de amostras com 62,8% dos julgadores não treinados do sexo feminino e 37,2% do sexo masculino, perfazendo um total de 156 avaliadores, sendo que do total de 93,6% apresentaram idade entre a faixa de 18 e 35 anos, 5,1% dos julgadores entre 36 e 55 anos e 1,3% dos julgadores com idade entre 56 a 70 anos, com predomínio de estudantes universitários. As plantas selecionadas para esta avaliação tiveram suas etiquetas de tratamento substituídas por números casualizados com as amostras separadas por espécies, mas em posições aleatórias. As notas atribuídas às plantas pelos julgadores foram convertidas em médias ponderadas, obedecendo ao seguinte cálculo: $((a*n) + (a*n)) + \dots / 100$, em que: (a)

representa as notas da escala hedônica de 1 a 9 e (n) o número de pessoas que atribuiu uma determinada nota.

5.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando significativas, as médias entre espécies e entre salinidades foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As concentrações de extrato de algas foram analisadas por meio de análise de regressão, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade e adotando-se o modelo matemático com base na significância do maior coeficiente de determinação, utilizando-se o software estatístico Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2016).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Crescimento vegetativo

A análise de variância mostra interação significativa entre salinidade x extrato de algas x espécies (Ea x E) ($p < 0,01$) somente para a variável diâmetro do caule (DC). As variáveis altura de planta (AP), número de folhas (NF) e número de flores (NFL) foram significativas para a interação entre salinidade x espécie (S x E). A variável (AP) foi obtido efeito isolado somente para as concentrações de extrato de algas (Ea) ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e número de flores (NFL) das espécies *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas

FV	GL	Quadrados médios			
		AP	NF	NFL	DC
Blocos	3	3,19 ^{ns}	7,15 ^{ns}	2,92 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Salinidade (S)	2	710,30**	178,97**	6,34*	24,66**
Resíduo (S)	6	6,84	2,03	0,8	0,098
Extrato de algas (Ea)	3	16,99*	1,88 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,71**
Interação (S x Ea)	6	2,26 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,22**
Resíduo (Ea)	27	2,15	2,72	0,45	0,057
Espécies (E)	1	71,46**	514,25**	15,30**	42,99**
Interação (S x E)	2	69,11**	46,29**	2,31**	1,02**

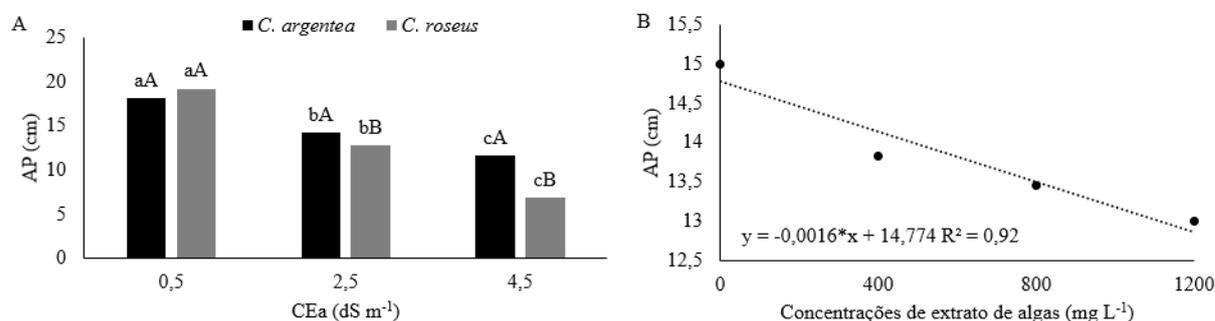
Interação (Ea x E)	3	1,43 ^{ns}	8,15 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,01 ^{**}
Interação (S x Ea x E)	6	6,17 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,69 ^{**}
Resíduo (E)	36	3,77	3,7	0,8	0,056
CV (%) S		18,98	13,29	25,51	9,11
CV (%) Ea		10,66	15,35	21,85	6,93
CV (%) E		14,09	17,91	25,45	6,87

GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

A variável altura de plantas (AP) obteve efeito significativo para a interação salinidade x espécies obtendo efeito isolado para o tratamento concentração de extrato de algas. Assim, verifica-se que plantas submetidas a irrigação com condutividade elétrica da água de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ obtiveram redução da altura média de 21,4 e 35,8% respectivamente para a espécie *C. argentea* e redução de 33,7 e 64,3% respectivamente para a *C. roseus* em comparação do tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) (Figura 8A). A redução do tamanho das plantas pode ser uma vantagem para o produtor, pois os consumidores muitas vezes requerem plantas mais compactas e de melhor qualidade elevando o valor ornamental (GARCÍA-CAPARROS & LAO, 2018). Dessa forma em níveis moderados de salinidade, o produtor poderia utilizar a água salobra para a irrigação de *C. argentea* e *C. roseus* sem que haja prejuízos comerciais.

Por outro lado, observa-se que a AP reduziu de forma isolada 0,0016 cm a cada incremento das concentrações do extrato de algas havendo uma redução de 7,8; 10,2 e 13,3% ao ser aplicar 400, 800 e 1200 mg L⁻¹ de Ea em relação a menor concentração (0,0 mg L⁻¹). Esse resultado, diverge dos resultados encontrados na literatura, pois as concentrações do extrato de algas tendem a promover um maior crescimento de tecido vegetal, pois a citocinina na forma natural presente na alga, atua promovendo incrementos na divisão celular e consequentemente um maior crescimento das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Figura 8 - Altura de plantas de *C. argentea* e *C. roseus* irrigadas com diferentes níveis de CEa (A) e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas (B)



Letras minúsculas comparam médias entre condutividades elétricas da água; letras maiúsculas comparam médias entre espécies. Fonte: Autoria própria, 2022

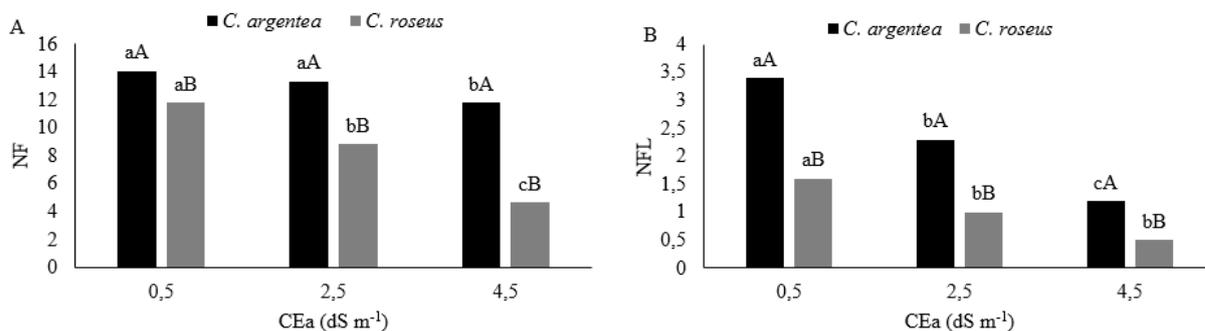
Analisando a atuação do estresse salino entre as espécies, verifica-se que ambas as espécies tiveram a altura reduzida com o aumento da salinidade, entretanto a espécie *C. argentea* obteve maior AP em relação a espécie *C. roseus* nas CEa 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ respectivamente (Figura 8A). A redução da AP nas espécies pode ter ocorrido devido ao fechamento estomático, ocasionado pelo efeito osmótico dos sais da água de irrigação, como forma de reduzir as perdas de água por transpiração, restringindo a absorção de CO₂, capacidade fotossintética e consequentemente limitando a entrada de água e desenvolvimento das plantas (TAIZ *et al.*, 2017; KUMAR *et al.*, 2018). Porém, reduções no crescimento podem ser decorrentes também de alterações nas paredes celulares, as quais inibem a expansão celular sob condições de estresse hídrico e/ou osmótico (SILVEIRA *et al.*, 2016). Convém salientar, que esse efeito é variável em função da tolerância e/ou sensibilidade da espécie à salinidade.

Bezerra *et al.* (2020), estudando diferentes métodos de classificação de tolerância ao estresse salino, concluíram que existe maior sensibilidade ao estresse na espécie *C. roseus*, na fase de produção de mudas, em comparação com a *C. argentea*. Resultados semelhantes foram obtidos em *Callistemon citrinus* (ÁLVAREZ & SÁNCHEZ-BLANCO, 2015) e em girassol ornamental (SANTOS JUNIOR, 2016).

Para a variável número de folhas a espécie *C. argentea* mostrou ser resistente a salinidade até 2,5 dS m⁻¹ havendo a redução do número de folhas (NF) de apenas 5,4% ao ser submetida a irrigação com água de CEa 4,5 dS m⁻¹. Ao submeter a espécie a irrigação com CEa 4,5 dS m⁻¹, observa-se uma redução de 16,3% em relação a menor salinidade (0,5 dS m⁻¹). Por outro lado, a espécie *C. roseus* foi severamente afetada pelos sais quando exposta a condições crescentes de salinidade, revelando declínios no NF de 25,2% em cultivo irrigado com água moderada (2,5 dS m⁻¹) e 60,2 % na de alta salinidade (4,5 dS m⁻¹) (Figura 9A).

A salinidade também afetou de forma negativa o número de flores (NFL) da espécie *C. argentea*, ao ser irrigada com CEa de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ reduzindo 32,3 e 64,7% respectivamente e afetou o NFL da espécie *C. roseus* reduzindo 37,5 e 68,7% respectivamente (Figura 9B). Embora a altura de plantas, número de folhas e flores reduza com o incremento da salinidade, a espécie *C. argentea* mostrou ser mais resistente a salinidade na CEa 2,5 dS m⁻¹ e parcialmente resistente na CEa 4,5 dS m⁻¹ em comparação a espécie *C. roseus*.

Figura 9 – Número de folhas (A) e número de flores (B) das espécies *C. argentea* e *C. roseus* irrigadas com diferentes condutividades elétricas da água.



Letras minúsculas comparam médias entre condutividades elétricas da água; letras maiúsculas comparam médias entre espécies. Fonte: Autoria própria, 2022

Em espécies ornamentais cultivadas sob estresse salino, é comum haver redução do número e qualidade de folhas e flores em virtude dos danos ocasionados pela salinidade. Acredita-se que o crescimento da planta seja inicialmente limitado pelo efeito osmótico e, quando a quantidade de íons potencialmente tóxicos absorvidos ultrapassa o limite tolerado pelas células, ocorrem efeitos diretos no metabolismo, podendo causar lesões nos tecidos foliares e morte da planta (MUNNS & TESTER, 2008; DIAS *et al.*, 2016).

Assim, plantas submetidas a condições salobras podem reduzir a intensidade, antecipar ou atrasar a floração e encurtar o período de floração (FORNES *et al.*, 2007; ÁLVAREZ *et al.*, 2012). Nesse sentido, a redução do número e qualidade das flores pode resultar na diminuição das vendas das espécies na floricultura, não sendo uma boa opção para os produtores (GARCÍA-CAPARROS & LAO, 2018).

O resultado encontrado nesse estudo, pode estar relacionado à alteração da concentração de hormônios diretamente envolvidos no florescimento, como os ácidos abscísico e jasmônico (ROGERS, 2013).

Para a variável diâmetro do caule (DC) verifica-se que a espécie *C. argentea* ao ser irrigada com água de CEa 0,5 dS m⁻¹ combinado com a aplicação da concentração do extrato de algas de 750 mg L⁻¹ obteve o diâmetro do caule máximo de 5,81 mm (Figura 10A). Entretanto ao ser irrigada com água de CEa 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ o DC reduziu linearmente 0,0001 e 0,0005 mm respectivamente a cada incremento da concentração do extrato de algas, havendo a redução 4,2 e 17,3% respectivamente na máxima concentração do extrato de algas (1200 mg L⁻¹) em comparação com a menor (0,0 mg L⁻¹). Observa-se que a espécie *C. argentea* ao ser submetida a irrigação com CEa de 0,5 dS m⁻¹, o extrato de algas exerceu efeito benéfico sobre

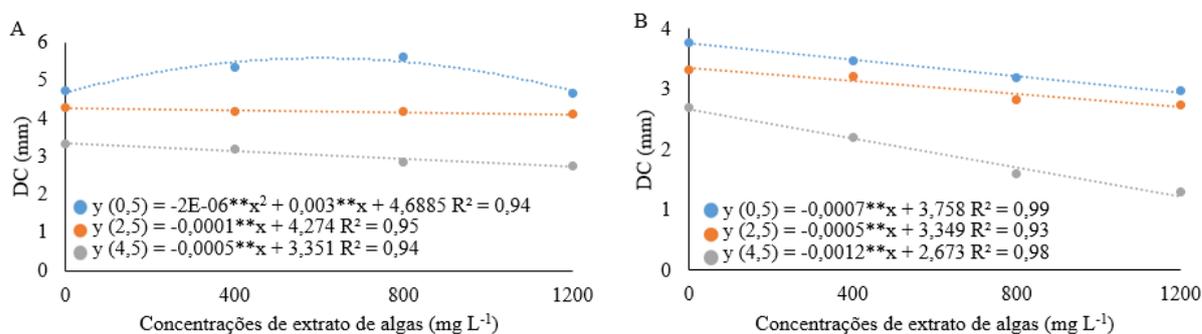
o DC ao produzir condições favoráveis para a produção de hormônios protetores, como auxina em quantidade ótima, influenciando de forma positiva o desenvolvimento vegetal.

Na espécie *C. roseus* plantas irrigadas com água de 0,5; 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ registraram redução linear do diâmetro do caule de 0,0007; 0,0005 e 0,0012 mm respectivamente a cada incremento da concentração do extrato de algas havendo a redução de 21,4; 17,7 e 52,2% respectivamente na máxima concentração (1200 mg L⁻¹) em relação a menor (0,0 mg L⁻¹). Acredita-se que devido ao aumento dos níveis do extrato de algas, possivelmente houve o aumento do potencial alcalino das algas associado à elevação das concentrações de sais, contribuindo para o desbalanço nutricional da espécie *C. roseus* nas condições salinas, afetando diretamente o desenvolvimento da espécie.

De acordo com Munns & Tester, (2008) a redução do diâmetro do caule provocada pela salinidade tem sido amplamente relatada em diversos estudos, como consequência dos efeitos osmóticos e iônicos que impactam os processos de divisão e expansão celular.

Li *et al.* (2015) ao realizar estudos com rosa chinesa evidenciaram efeitos adversos provocados pela salinidade sobre o diâmetro do caule. Oliveira, (2017) ao cultivar a espécie *C. roseus* sob estresse salino, constatou haver reduções severas no diâmetro do caule com o incremento nos níveis de CEa de 3,6 dS m⁻¹, revelando sensibilidade dessa espécie à salinidade.

Figura 10 - Diâmetro do caule de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

6.2 Acúmulo de massa seca

A análise de variância mostra que as variáveis massa seca de raiz (MSR) e massa seca de caule (MSC) foram significativas a interação entre salinidade x extrato de algas x espécie (S x Ea x E) ($p \leq 0,01$). As variáveis massa seca de folhas (MSF), massa seca de flores

(MSFL), massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca total (MST) foram influenciadas significativamente pela interação salinidade x espécies (S x E) ($p \leq 0,01$) (Tabela 5)

Tabela 5 – Análise de variância para massa seca de raízes (MSR), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de flores (MFL), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) das espécies *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas

FV	GL	Quadrados médios					
		MSR	MSC	MSF	MSFL	MSPA	MST
Blocos	3	0,04 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Salinidade (S)	2	2,62 ^{**}	4,12 ^{**}	44,1 ^{**}	4,29 ^{**}	115,25 ^{**}	152,17 ^{**}
Resíduo (S)	6	0,01	0,005	0,55	0,02	0,67	0,66
Extrato de algas (Ea)	3	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,97 ^{ns}	2,03 ^{ns}
Interação (S x Ea)	6	0,04 [*]	0,06 ^{**}	1,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,45 ^{ns}
Resíduo (Ea)	27	0,006	0,01	0,51	0,01	0,59	0,61
Espécies (E)	1	0,83 ^{**}	1,34 ^{**}	37,81 ^{**}	14,51 ^{**}	123,63 ^{**}	144,76 ^{**}
Interação (S x E)	2	0,19 ^{**}	0,16 ^{**}	1,35 ^{**}	2,97 ^{**}	10,69 ^{**}	13,77 ^{**}
Interação (Ea x E)	3	0,04 ^{**}	0,06 [*]	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Interação (S x Ea x E)	6	0,05 ^{**}	0,07 ^{**}	0,89 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,30 ^{ns}
Resíduo (E)	36	0,003	0,01	0,61	0,03	0,81	0,85
CV (%) S		20,95	15,93	26,24	23,09	27,72	25,07
CV (%) Ea		27,69	27,29	25,13	21,47	26,12	24,06
CV (%) E		21,11	27,53	28,42	20,09	29,55	28,44

GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

A massa seca de raiz (MSR) e massa seca de caule (MSC) reduziram linearmente com o aumento das concentrações do extrato de algas e com o aumento níveis de CEa na espécie *C. argentea* e na espécie *C. roseus* (Figura 11).

Na a espécie *C. argentea*, verifica-se que plantas irrigadas com água de CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ registraram um decréscimo linear da MSR de 0,0003; 0,0002 e 0,00006 g respectivamente a cada incremento da concentração do extrato de algas havendo uma redução de 36,6; 52,5 e 66,6% respectivamente na máxima concentração (1200 mg L⁻¹) em relação a menor (0,0 mg L⁻¹) (Figura 11A).

Para a espécie *C. roseus* observa-se resultado similar, onde plantas irrigadas com água de CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ registraram um decréscimo linear da MSR de 0,0002; 0,0001 e 0,00001 g respectivamente a cada incremento da concentração do extrato de algas, havendo

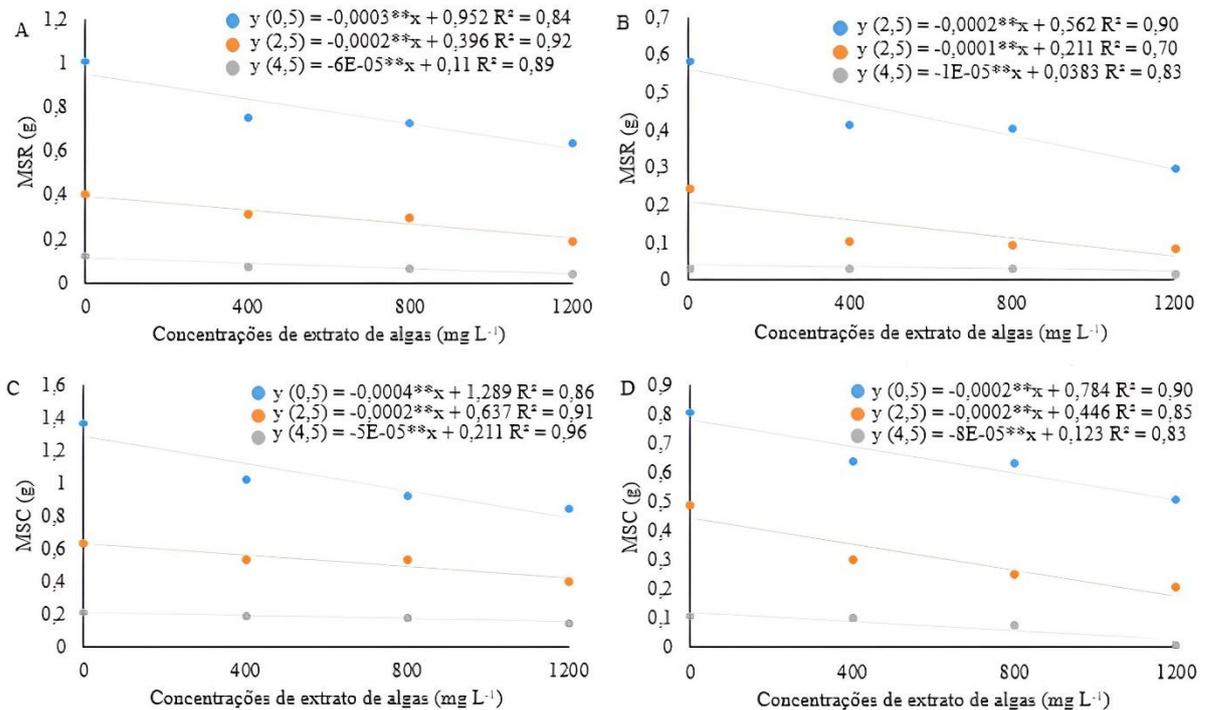
uma redução de 49,1; 64,0 e 38,3% respectivamente na máxima concentração (1200 mg L⁻¹) em relação a menor (0,0 mg L⁻¹) (Figura 11B).

Para a massa seca de caule observa-se que a espécie *C. argentea* reduziu unitariamente 0,48; 0,24 e 0,06 g plantas⁻¹ a cada incremento da concentração do extrato de algas (Figura 11C) e a espécie *C. roseus* reduziu unitariamente 0,3; 0,28 e 0,1 g plantas⁻¹ a cada incremento da concentração do extrato de algas quando submetidas a irrigação com CEa de 0,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ respectivamente (Figura 11D).

Isso demonstra que o aumento das concentrações do extrato de algas incrementou a salinidade no substrato intensificando os danos causados pelo aumento da condutividade elétrica da água, resultando em raízes menores possivelmente afetando a divisão celular e maior condução de Na⁺ via floema degradação da clorofila e menor acúmulo de fotoassimilados no caule principalmente na espécie *C. roseus* em relação a *C. argentea*.

Segundo (SCHOSSLER *et al.*, 2012; TAIZ *et al.*, 2017) as raízes ao entrarem em contato com a solução do solo, tendem a absorver os sais provenientes dos tratamentos, podendo exceder o limite que as células das plantas toleram, causando desequilíbrio nutricional e inibição na absorção de outros cátions pelo sódio, que associado ao cloreto em excesso, causa toxidez comprometendo o processo de crescimento, alongamento, divisão e diferenciação celular, interferindo na acumulação de biomassa.

Figura 11 - Massa seca da raiz (A e B) e massa seca de caule (C e D) de plantas de *C. argentea* (A e C) e *C. roseus* (B e D) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação



de diferentes concentrações de extrato de algas

Fonte: Autoria própria, 2022

Segundo (ZELM *et al.*, 2020) aumento da concentração de sais no substrato, advindo da água de irrigação e do extrato de algas reduzem a massa radicular, afetando a taxa de crescimento da raiz principal e das raízes laterais. Para (BAÑÓN *et al.*, 2012) altos níveis de salinidade inibem o crescimento radicular das plantas como resultado ao efeito osmótico e tóxico, entretanto essa resposta depende da espécie e do nível de salinidade.

Niu & Rodrigues, (2006), com o objetivo de caracterizar a resposta de crescimento de plantas herbáceas ornamentais a uma faixa de salinidade e compreender o mecanismo geral de tolerância ao estresse salino, verificaram reduções na massa seca de raízes de 45 e 41% para a espécie *Ceratostigma plumbaginoides* e *Gazania rigens* respectivamente da maior CEa (6,4 dS m⁻¹) em relação ao controle, entretanto as espécies *Delosperma cooperi* e *Teucrium chamaedrys* não apresentaram reduções significativas, indicando que a resistência a salinidade está relacionada com o mecanismo de tolerância e sensibilidade de cada espécie aos sais.

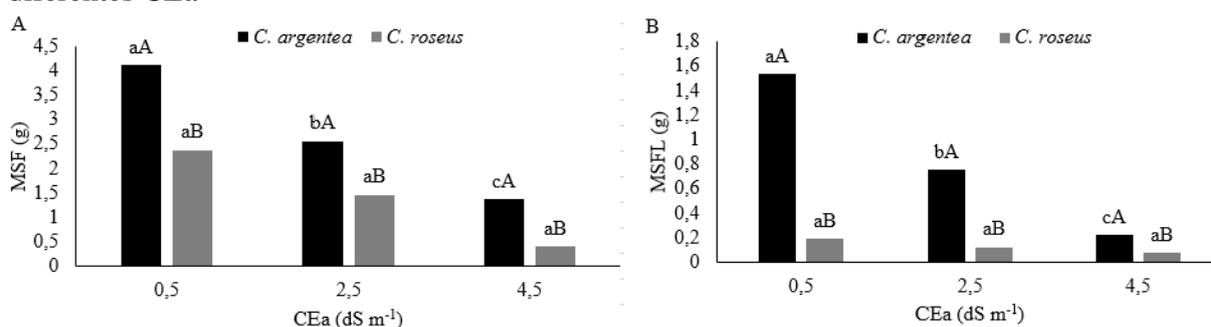
Segundo (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017) plantas ornamentais submetidas ao estresse salino apresentam diminuição da massa seca, principalmente em função da redução do

número de folhas ou formação de folhas menores e menos espessas, corroborando com o resultado do presente trabalho.

Para (FREITAS *et al.*, 2014) a redução do acúmulo de massa seca está relacionada com a baixa disponibilidade de água para as plantas devido ao efeito osmótico, ocasionando o decréscimo da turgescência e conseqüentemente afetando a expansão celular, refletindo diretamente no acúmulo de massa e crescimento das plantas (FREITAS *et al.*, 2014).

Valdés *et al.* (2014), ao realizar um estudo com *Euphorbia pulcherrima* Willd. (cv. Vermelho clássico) em condições de vasos, constataram que as plantas ao serem submetidas a irrigação com salinidade de CEa de 1,5; 2,0 e 2,5 dS m⁻¹ obtiveram a massa seca da parte aérea comprometida, com reduções pronunciadas na ordem de 29,4; 23,8 e 19,9 g respectivamente em relação ao tratamento controle com média 38,4 g. Segundo os autores a tolerância de plantas sais presentes no solo ou na água de irrigação é frequentemente determinada pela redução do crescimento da parte aérea, então quanto menor à redução da parte aérea maior é a tolerância das espécies ornamentais aos sais.

Figura 12 - Massa seca de folhas (A) e de flores (B) de espécies ornamentais irrigadas com diferentes CEa



Letras minúsculas comparam médias entre condutividades elétricas da água; letras maiúsculas comparam médias entre espécies. Fonte: Autoria própria, 2022

A espécie *C. argentea* apresentou uma redução média da MSFL de 50,9 e 85,6% ao ser irrigada com CEa 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ respectivamente em relação a menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) e a espécie *C. roseus* reduziu em média 36,8 e 63,1% a MSFL em relação ao tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) (Figura 12B). Verifica-se que a *C. argentea* produziu o maior número de flores em relação a *C. roseus* ao ser irrigado com CEa 0,5 dS m⁻¹ reduzindo a produção com o incremento da salinidade, isso justifica sua maior redução da massa seca de flores com o aumento da concentração de sais em relação a espécie *C. roseus*.

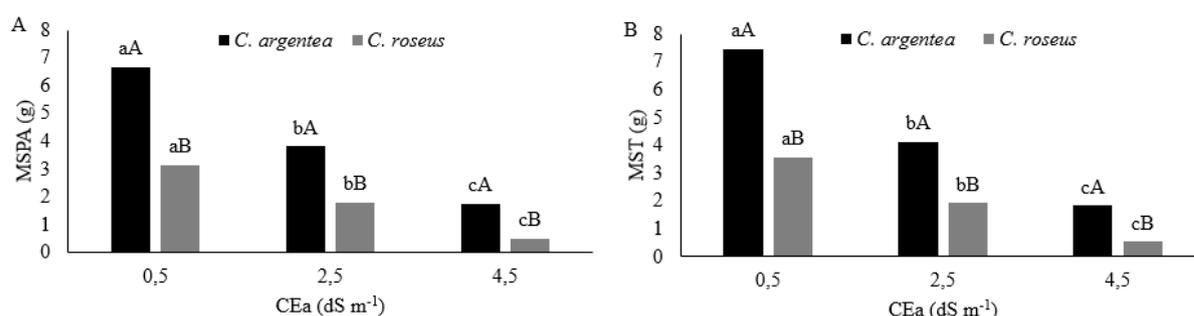
Esse resultado diverge de Neves *et al.* (2018), estudando a espécie ornamental *Catharanthus roseus*, evidenciaram a produção máxima de massa seca flores em níveis de CEa

em torno de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, o que não foi constatado no presente estudo. Segundo (NEVES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018) o efeito nocivo da salinidade no processo de floração depende do nível de estresse aplicado, da espécie vegetal em estudo e, do estágio fenológico em que as plantas foram expostas ao estresse salino, bem como o tempo de exposição a salinidade.

A massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca total (MST) reduziram com o aumento da condutividade elétrica da água nas espécies *C. argentea* e *C. roseus*. Vale ressaltar que embora para essas variáveis o extrato de algas não tenha influenciado estatisticamente a MSPA e MST, a aplicação do produto pode ter contribuído para o decréscimo das massas, sabendo que o extrato de algas marinhas contém de 3 a 5% de Na^+ em sua composição (Figura 13A e B).

Assim verifica-se que ao irrigar a espécie *C. argentea* e *C. roseus* com água de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve a redução média da MSPA de 73,8 e 84,1% respectivamente em comparação a CEa $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Ao irrigar a espécie *C. argentea* e *C. roseus* com água de CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve a redução média da MST de 75,4 e 85,1% respectivamente em comparação a CEa $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Observa-se que a espécie *C. roseus* apresentou maior sensibilidade ao estresse salino ao reduzir mais a MSPA e MST com o aumento da salinidade em comparação a *C. argentea*.

Figura 13 - Massa seca da parte aérea (A) e total (B) de espécies ornamentais irrigadas com diferentes CEa



Fonte: Autoria própria, 2022

A redução do potencial osmótico no ambiente radicular provocado pelo aumento da salinidade conduz ao déficit hídrico, a toxicidade (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017) e a limitação na capacidade das raízes em extrair e transportar água para a parte aérea, reduzindo a concentração de substâncias que atingem a parte aérea, impondo restrições ao crescimento das plantas e acúmulos de massa seca (SANCHEZ-BLANCO *et al.*, 2014).

Resultados similares foram obtidos por Bezerra *et al.* (2020) sendo constatado que o aumento da CEa reduz o acúmulo de massa seca na parte aérea das espécies *C. argentea* e *C.*

roseus. Por outro lado, esse resultado diverge de Neves *et al.* (2018) que ao trabalhar com a espécie *C. roseus* concluíram que até o nível de moderada salinidade (2,5 dS m⁻¹), o acúmulo de matéria seca dessa espécie não afetado.

6.3 Características morfológicas das folhas

A análise de variância mostra o efeito significativo da interação entre salinidade x extrato de algas x espécies (S x Ea x E) ($p \leq 0,01$) para as variáveis área foliar (AF) e área foliar específica (AFE). Para a razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SF) foram registradas interações significativas entre salinidade x extrato de algas (S x Ea) ($p \leq 0,05$) e salinidade x espécies (S x E) ($p \leq 0,01$) (Tabela 6).

Tabela 6 – Análise de variância para área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SF) das espécies *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas

FV	GL	Quadrados médios			
		AF	AFE	RAF	SF
Blocos	3	2193,15 ^{ns}	100,33 ^{ns}	132,42 ^{ns}	6 x 10 ^{-5*}
Salinidade (S)	2	108075,1**	11103,13**	14521,04**	6,4 x 10 ^{-4**}
Resíduo (S)	6	16,98,14	327,26	206,66	1 x 10 ⁻⁵
Extrato de algas (Ea)	3	5491,01**	6823,38**	951,70**	1,2 x 10 ^{-4ns}
Interação (S x Ea)	6	3064,39**	5873,8**	1038,73*	1,5 x 10 ^{-4*}
Resíduo (Ea)	27	330,77	216,54	109,18	5 x 10 ⁻⁵
Espécies (E)	1	193516,3**	5855,29**	282,77 ^{ns}	1,54 x 10 ^{-3ns}
Interação (S x E)	2	1033,75 ^{ns}	1846,72**	800,61 ^{ns}	2,1 x 10 ^{-4ns}
Interação (Ea x E)	3	1340,17*	5080,65**	1490,35 ^{ns}	3 x 10 ^{-5ns}
Interação (S x Ea x E)	6	2988,35**	4712,65**	2389,35 ^{ns}	5 x 10 ^{-5ns}
Resíduo (E)	36	455,2	165,48	121,18	5 x 10 ⁻⁵
CV (%) S		22,52	24,60	28,65	11,94
CV (%) Ea		14,35	20,01	20,82	29,28
CV (%) E		16,84	17,49	21,94	27,77

GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Para a espécie *C. argentea*, verificou-se que as plantas irrigadas com a CEa de 0,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ registraram decréscimos lineares da área foliar (AF) de 0,06; 0,05 e 0,07 cm² respectivamente com o incremento da concentração do extrato de algas. Ao comparar a AF de

plantas submetidas ao tratamento com maior concentração do extrato de algas (1200 mg L^{-1}) em relação ao menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) observou-se uma redução de 26,9, 26,2 e 60,5% em plantas submetidas a irrigação com CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m^{-1} respectivamente (Figura 14A).

Para a espécie *C. roseus* verifica-se que plantas submetidas a irrigação com CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m^{-1} registraram redução da AF de 0,03; 0,02 e 0,04 cm^2 a cada incremento das concentrações do extrato de algas. Ao comparar a AF de plantas submetidas ao tratamento com maior concentração do extrato de algas (1200 mg L^{-1}) em relação ao menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$), verificou-se uma redução da AF de 23,8; 36,1 e 76,8% respectivamente em plantas irrigadas com CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m^{-1} (Figura 14B). Observa-se que a área foliar da espécie *C. roseus* reduziu com maior intensidade com incremento da concentração da condutividade elétrica da água na maior concentração de extrato de algas em relação a menor.

Ao analisar a área foliar destinada para a fotossíntese, ou seja, a área foliar específica (AFE), verifica-se para a espécie *C. argentea* reduziu linearmente 0,006; 0,022 e 0,039 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ respectivamente a cada incremento das concentrações do extrato de algas. Ao comparar a AFE da espécie *C. argentea* submetida ao tratamento com maior concentração do extrato de algas (1200 mg L^{-1}) em relação ao menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) verificou-se a redução da AFE de 9,8; 31,8 e 49,9% em plantas irrigadas com CEa 0,5, 2,5 e 4,5 dS m^{-1} respectivamente (Figura 14 C).

Para a espécie *C. roseus* verifica-se uma redução linear da AFE de 0,02 e 0,06 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ a cada incremento das concentrações do extrato de algas ao ser submetida a irrigações com CEa 0,5 e 4,5 dS m^{-1} respectivamente. Ao comparar a AFE de plantas submetidas ao tratamento com maior concentração do extrato de algas (1200 mg L^{-1}) em relação ao menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) verificou-se uma redução da AFE de 36,9 e 64,05% ao serem irrigadas com água de CEa 0,5 e 4,5 dS m^{-1} respectivamente. Entretanto ao ser irrigada com CEa 2,5 dS m^{-1} combinado com a concentração do extrato de algas de $459,29 \text{ mg L}^{-1}$ obtiveram máxima AFE estimada em 60,05 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ reduzindo 14,6% com o aumento da concentração do extrato de algas após o ponto máximo (Figura 14 D).

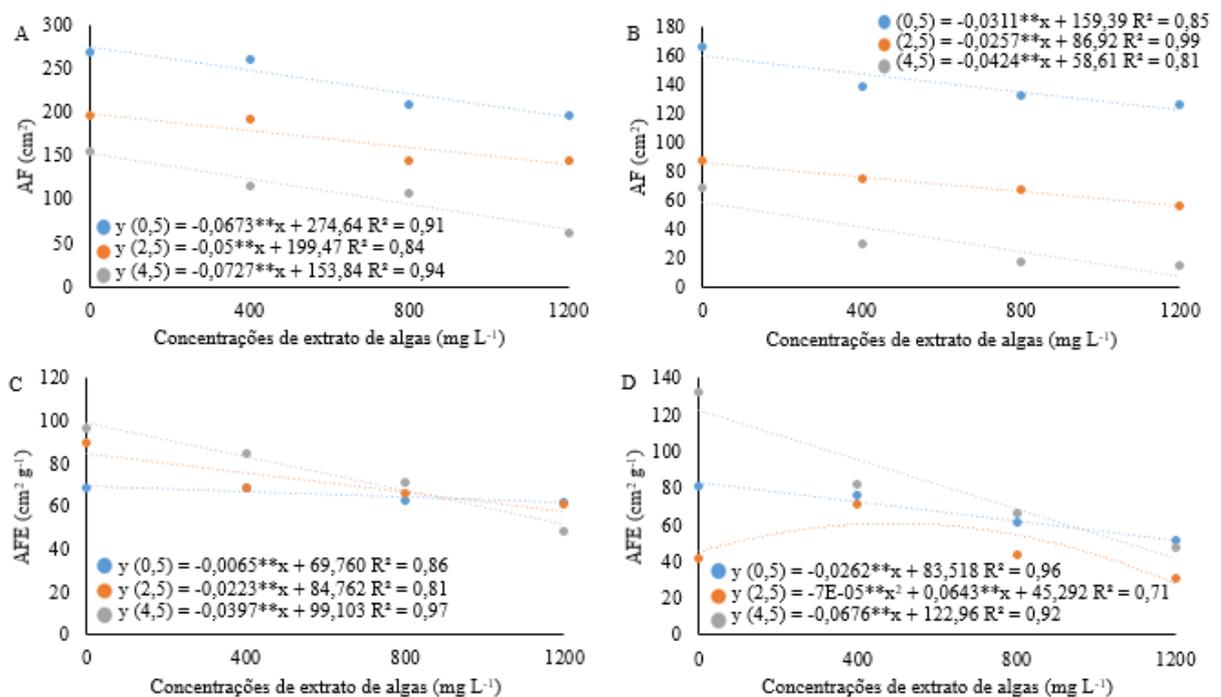
Esse resultado mostra que embora a espécie *C. roseus* tenha maior sensibilidade a salinidade, a concentração do extrato de algas de $459,29 \text{ mg L}^{-1}$ combinado com CEa 2,5 dS m^{-1} elevou levemente a área de captura de luz para realização da fotossíntese, favorecendo o aumento da transpiração e conseqüentemente absorção de sais.

Assim a área foliar de ambas as espécies decresce mais severamente quando a CEa está em um nível elevado (4,5 dS m^{-1}) em conjunto com a maior concentração de extrato de algas (1200 mg L^{-1}). Estes efeitos podem ser decorrentes do aporte de sais fornecidos pela água

de irrigação e pelo extrato de algas. O estresse osmótico, provocado em decorrência do acúmulo de sais na zona radicular que reduz imediatamente a expansão celular nas pontas das raízes e nas folhas jovens e causa o fechamento dos estômatos, tendo como consequência indireta a redução da atividade fotossintética, com efeito rápido e maior sobre as taxas de crescimento (MUNS & TESTER, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2016), sendo uma estratégia de adaptação das plantas ao ambiente salino, reduzindo significativamente a perda de água (SUN *et al.*, 2018).

Esse resultado combina com Nandy *et al.* (2009) que obteve valores menores de área foliar específica em *C. argentea* sendo considerado típico de plantas que se desenvolvem sob condições de estresse, podendo ser um indicativo de tolerância à salinidade. E possui semelhança com Lacerda *et al.* (2020) em que, a área foliar das espécies *C. roseus*, *A. catártica* e *D. erecta* foram fortemente afetadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação, sendo esses efeitos menos significativos na espécie *I. coccínea*.

Figura 14 - Área foliar (A e B) e área foliar específica (C e D) de plantas de *C. argentea* (A e C) e *C. roseus* (B e D) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

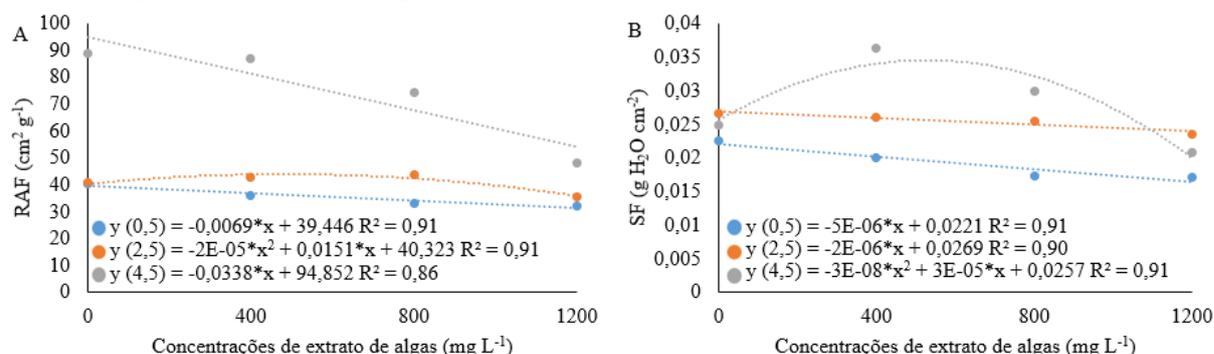
Na espécie *C. argentea* observa-se para as CEa de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ decréscimos de unitários de 2,76 e 13,52 cm² g⁻¹ respectivamente para a razão área foliar combinado com o aumento das concentrações de extrato de algas, havendo a redução de 20,2 e 45,8% na máxima

concentração de extrato de algas (1200 mg L^{-1}) em relação a menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) respectivamente. No tratamento de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ combinado com concentração do extrato de algas de $377,5 \text{ mg L}^{-1}$ obteve-se a máxima RAF estimada em $43,17 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, a partir desse ponto a RAF decresceu em até 12,7% (Figura 15A).

A razão da área foliar indica o tamanho da área de captura de luz para fotossíntese em relação à massa total da planta, mostrando que a espécie *C. argentea* reduziu a MST com o incremento da salinidade na mesma tendência que reduziu a AF com o incremento da aplicação do extrato de algas. Indicando que o extrato de algas induziu a espécie a realizar ajustamento osmótico, ao ajudar sua morfologia afim de minimizar o efeito da salinidade na fisiológica da planta.

Oliveira *et al.* (2017) verificaram resposta linear crescente deste parâmetro para quatro espécies ornamentais irrigadas com a CEa variando de 0,6 a $3,6 \text{ dS m}^{-1}$.

Figura 15 - Razão de área foliar (A) e suculência foliar (B) de espécies ornamentais de *C. argentea* irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

Na espécie *C. argentea* a suculência foliar decresceu com o incremento dos níveis de extrato de algas, quando se comparou a maior concentração (1200 mg L^{-1}) em relação a menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) verificando-se reduções de 23,5 e 11,6% para as CEa de 0,5 e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente. A condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ aliada a aplicação de 500 mg L^{-1} de extrato de algas promoveu suculência foliar máxima de $0,0332 \text{ g H}_2\text{O cm}^{-2}$, decrescendo, respectivamente em 9,9 e 37,3% quando comparado as concentrações de 800 e 1200 mg L^{-1}) (Figura 15B). Esse resultado indica que a concentração de extrato de algas 500 mg L^{-1} aliado a CEa $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ manteve a turgescência celular das folhas fazendo a espécie resistir a seca

fisiologia. Por outro lado, a salinidade e as concentrações de extrato de algas não influenciaram estatisticamente a suculência foliar da espécie *C. roseus*.

Segundo (GARCÍA-CAPARRÓS *et al.*, 2016; LACERDA *et al.*, 2006) em várias espécies, a suculência das folhas aumenta como forma de resposta ao estresse salino, caracterizada com o mecanismo de diluição de íons potencialmente tóxicos acumulados nos tecidos foliares (GARCÍA-CAPARRÓS *et al.*, 2016; LACERDA *et al.*, 2006), semelhante aos resultados obtidos com as espécies avaliadas no presente estudo. Por outro lado, segundo o mesmo autor já citado as reduções ou a falta de efeitos da salinidade na suculência das folhas foram observadas em outras espécies ou cultivares

6.4 Índices fisiológicos

A análise de variância mostra que houve interação significativa entre salinidade x extrato de algas x espécies (S x Ea x E) ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$) para as variáveis condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência momentânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e eficiência de carboxilação (A/C_i). A interação entre salinidade x espécies e extrato de algas x espécies (S x E x Ea) ($p < 0,01$) mostrou efeito significativo para índice relativo de clorofila (IRC).

Tabela 7 – Análise de variância para condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência momentânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s), eficiência de carboxilação (A/C_i) e índice relativo de clorofila (IRC) das espécies *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas

FV	GL	Quadrados médios							
		g_s	A	E	C_i	A/g_s	A/E	A/C_i	IRC
Blocos	3	0,005 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,64 ^{ns}	726,5 ^{ns}	1708,35 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6×10^{-5ns}	10,31 ^{ns}
Salinidade (S)	2	0,35**	1053,2**	189,19**	29493,66**	3051,05 ^{ns}	10,24**	0,013**	2725,94**
Resíduo (S)	6	0,002	1,01	1,02	224,22	678,91	0,13	2×10^{-5}	6,47
Extrato de algas (Ea)	3	0,007 ^{ns}	12,72**	4,62**	7747,13**	5248,27**	4,07**	$1,8 \times 10^{-4**}$	184,91**
Interação (S x Ea)	6	0,01**	14,98**	2,23*	4434,42**	2016,91**	1,01**	$9 \times 10^{-5**}$	254,88 ^{ns}
Resíduo (Ea)	27	0,002	1,33	0,87	203,81	467,27	0,1	2×10^{-5}	12,1
Espécies (E)	1	0,13**	307,09**	47,65**	11875,38**	436,44 ^{ns}	0,79**	0,005**	2482,29**
Interação (S x E)	2	0,03**	107,85**	18,73**	4378,87**	429,80 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,001**	880,56**
Interação (Ea x E)	3	0,002 ^{ns}	18,67**	3,01**	8794,09**	1187,09 ^{ns}	0,64**	$2,4 \times 10^{-4**}$	52,36**

Interação (S x Ea x E)	6	0,006**	12,35**	1,28**	11609,42**	1268,55*	1,02*	$1,8 \times 10^{-4}$ *	18,61 ^{ns}
Resíduo (E)	36	0,002	2,11	0,45	281,33	520,9	0,08	2×10^{-5}	13,01
CV (%) S		25,85	12,68	25,73	4,93	20,62	20,06	16,37	8,54
CV (%) Ea		28,91	14,64	23,79	4,7	23,7	17,39	14,91	11,67
CV (%) E		26,17	18,4	17,22	5,52	25,58	15,87	17,72	12,1

GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; ns - não significativo; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Na figura 16A observa-se que para a condutância estomática (gs) da espécie *C. argentea* o modelo polinomial quadrático melhor ajustou-se aos dados, em que para as CEa de 0,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ houve, respectivamente gs máxima de 0,18, 0,097 e 0,048 (mol m² s⁻¹) para as respectivas concentrações de extrato de algas de 555,55, 875,0 e 625,0 mg L⁻¹. Na espécie *C. roseus* o aumento das concentrações do extrato algas acarretou decréscimos lineares na gs nas CEa de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹, com reduções de até 34,1 e 86,1% comparando-se o tratamento controle (0,0 mg L⁻¹) com a maior concentração de extrato de algas (1200 mg L⁻¹). A CEa de 0,5 dS m⁻¹ promoveu uma máxima condutância estomática de 0,41 (mol m² s⁻¹) quando submetida a aplicação de 625,0 mg L⁻¹ de extrato de algas (Figura 16B).

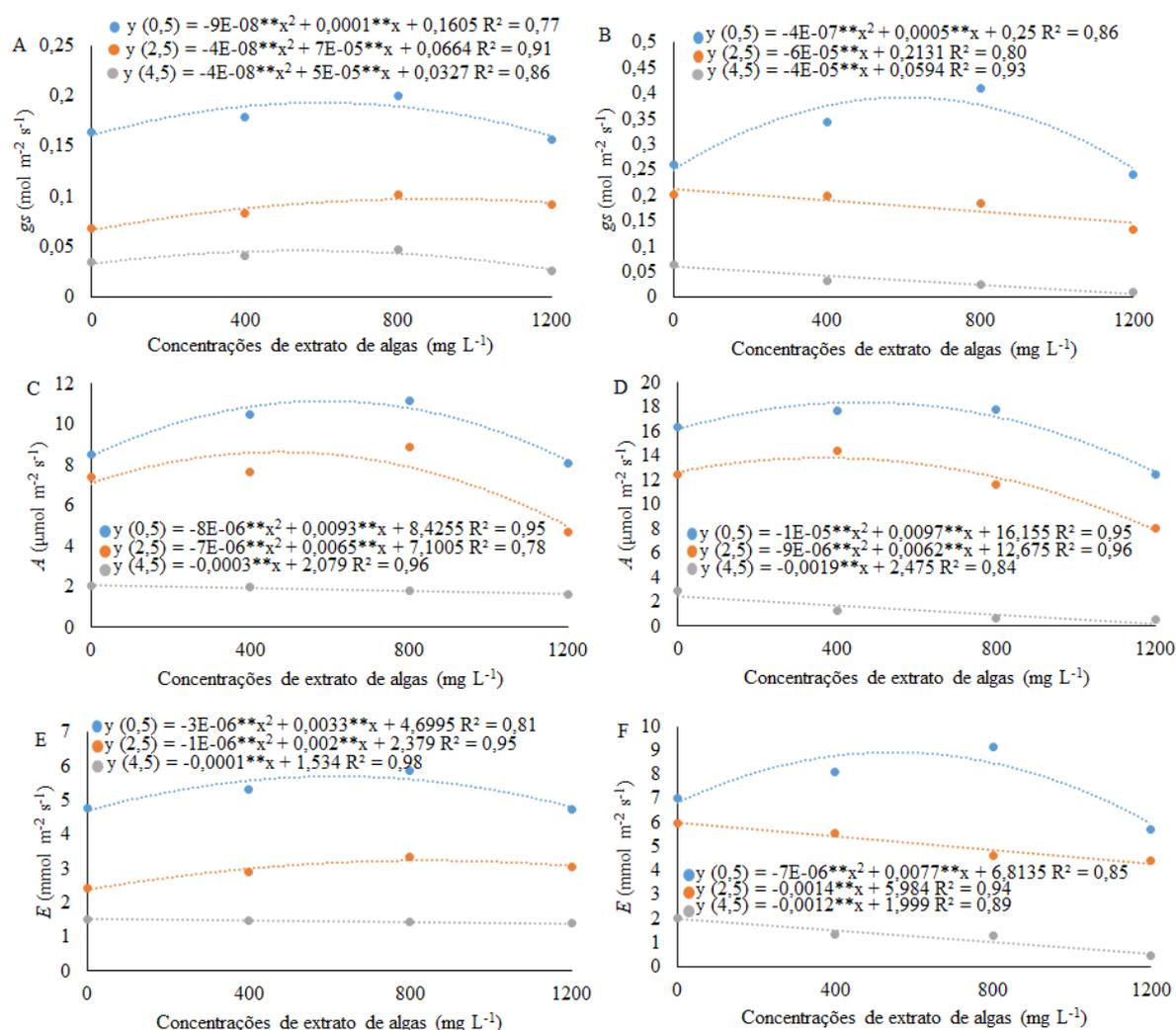
Para a espécie *C. argentea* verificou-se que nos tratamentos correspondentes as CEa de 0,5 e 2,5 (dS m⁻¹) o modelo quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados com as máximas fotossínteses de 11,1 e 8,6 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ para as concentrações de extrato de algas de 581,25 e 464,28 mg L⁻¹, respectivamente. As plantas irrigadas com a CEa 4,5 dS m⁻¹ registraram decrementos lineares com o aumento das concentrações do extrato, apresentando quedas de 20,0% quando se comparou a maior (1200 mg L⁻¹) e a menor (0,0 mg L⁻¹) concentração (Figura 16C). Tendência similar foi observada na espécie *C. roseus* onde nas máximas taxas de fotossíntese (18,5 e 13,7 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) foram obtidas quando se irrigou com as CEa de 0,5 e 2,5 (dS m⁻¹) e aplicou-se os níveis do extrato de algas de 485,0 e 344,44 mg L⁻¹. No entanto ao serem, submetidas a CEa de 4,5 dS m⁻¹, o aumento das concentrações do extrato algas acarretou em decréscimos lineares na fotossíntese, com redução de 81,8% comparando-se o tratamento controle (0,0 mg L⁻¹) com a maior concentração de extrato de algas (1200 mg L⁻¹) (Figura 16D).

Na figura 16E, observa-se que o incremento das concentrações de extrato de algas nos níveis de 550 e 1000 (mg L⁻¹) promoveram máximas transpirações na ordem de 5,61 e 3,37 (mmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) para as condutividades elétricas da água de 0,5 e 2,5 (dS m⁻¹), respectivamente, enquanto que para a CEa de 4,5 dS m⁻¹ foram registradas reduções unitárias 0,0001 mmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ na transpiração da espécie *C. argentea*.

Na figura 16F, verifica-se que para a espécie *C. roseus* a CEa de 0,5 dS m⁻¹ promoveu uma taxa de transpiração máxima 8,93 mmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ quando foi aplicado uma concentração de extrato de algas de 550 mg L⁻¹, no entanto, ao elevar as CEa para 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ ocorreram decréscimos lineares da transpiração decorrentes do aumento das concentrações de extrato de algas, apresentando reduções de 26,2 e 78,4%, respectivamente quando se comparou os extremos das concentrações (1200 e 0,0 mg L⁻¹).

Observou-se o efeito atenuador do extrato de algas de forma parcial, sobre à salinidade na condutância estomática, fotossíntese e transpiração de ambas as espécies. Por outro lado, o incremento das concentrações do extrato de algas reduziu a condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e transpiração (E) e nas CEa mais elevadas as trocas gasosas foram inibidas severamente, o que leva a acreditar que as concentrações aplicadas deveriam ter sido menores.

Figura 16 - Condutância estomática (A e B), fotossíntese (C e D) e transpiração (E e F) de plantas de *C. argentea* (A, C e E) e *C. roseus* (B, D e F) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

Bettini, (2015), avaliando os efeitos do extrato de algas em cafeeiro submetido ao estresse salino, notou que a condutância estomática respondeu positivamente a aplicação do produto. O autor elucida que houve um estímulo às plantas para a manutenção da abertura estomática em condições salinas. Trabalhando com plantas de girassol Luna, (2019), salienta que, embora o extrato tenha influenciado a variável de forma positiva, os efeitos da salinidade foram mais severos em detrimento aos acréscimos proporcionados pelo extrato, acrescenta-se que nos níveis mais elevados de CEa não foram notados efeitos do extrato de *A. nodosum*.

Em condições de salinidade, há uma redução na condutância estomática que restringe a disponibilidade de CO₂ para reações carboxilação (GARCÍA-CAPARROS & LAO, 2018). Além disso, este fechamento estomático minimiza a perda de água por meio da transpiração e isso afeta os sistemas de captação de luz e conversão de energia, levando à alteração da atividade do cloroplasto (PRISCO *et al.*, 2016). Ao reduzir a transpiração, o fechamento estomático também regula a entrada de água na planta, diminuindo a absorção de

íons tóxicos como Na^+ e Cl^- reduzindo dessa forma, a toxicidade por íons específicos (FLOWERS, 2004). Assim, essas limitações na condutância estomática podem proteger as plantas, evitando a perda excessiva de água e possibilitando a sua sobrevivência em condições de estresse (URBAN *et al.*, 2017).

As taxas de fotossíntese e transpiração seguiram tendências semelhantes a *gs*, onde as algas exercem efeito mitigador da salinidade até níveis de moderada CEa. Esses resultados, possivelmente podem ser explicados pelo elevado teor de potássio na composição do extrato de algas (Tabela 2). Melo *et al.* (2014) elucidam que o acúmulo de K nas plantas favorece um gradiente osmótico que facilita o movimento da água, regulando a abertura estomática e desempenhando um papel vital na turgidez celular, possibilitando maior assimilação de CO_2 .

Kumar (2014) e Fernandes *et al.* (2019), avaliando a aplicação de extrato de algas em tomateiro e em cafeeiro, respectivamente, observaram que as plantas tratadas com o extrato apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo, menor degradação de clorofilas entre outros aspectos em comparação as plantas controle, quando estas foram expostas a estresse salino. Convém salientar que tais estudos fornecem evidências de que produtos comerciais à base do extrato de algas podem atuar como amenizadores de estresses, mas isso não quer dizer que sejam totalmente eficientes diante de condições ambientais adversas (LUNA, 2019).

No entanto, a influência negativa das elevadas concentrações do extrato de algas marinhas nas trocas gasosas das espécies *C. argentea* e *C. roseus* em condições salinas ocorre devido, provavelmente, ao acúmulo excessivo de íons (Na^+) nos tecidos vegetais que, por sua vez, podem influenciar os processos fisiológicos, como a taxa de assimilação de CO_2 (MUNNS & TESTER, 2008) e conseqüentemente, ocasionar um desequilíbrio nutricional, tendo em vista que o extrato de algas possui em sua concentração de 3 a 5% de Na^+ .

A capacidade fotossintética pode ser afetada por limitações na abertura dos estômatos decorrente do estresse osmótico e evidenciada pela menor condutância estomática, restringindo a disponibilidade de CO_2 para reações de carboxilação; alteração da atividade enzimática também é apontado como responsável pela redução da taxa fotossintética (GURURANI *et al.*, 2015; LACERDA *et al.*, 2016).

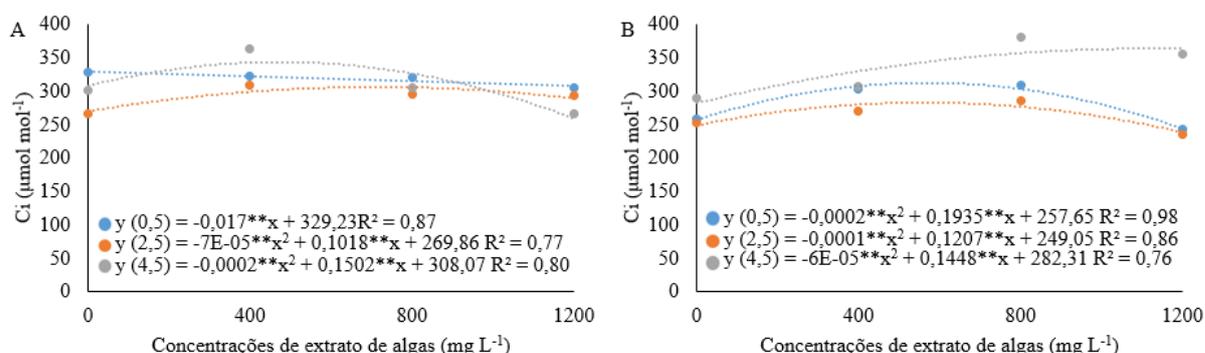
As reduções da transpiração impostas pela salinidade se dão em decorrência do déficit hídrico ocasionado pelo efeito osmótico dos sais, visto que o suprimento de água para a planta é limitado, reduzindo a condutância estomática como forma de regular a quantidade de água absorvida pelas raízes como mecanismo de resposta às perdas de água, conseqüentemente diminuindo também a taxa transpiratória (DIAS *et al.*, 2016; TAIZ *et al.*, 2017). A redução da

condutância estomática e, conseqüentemente da transpiração, representam mecanismos adaptativo para lidar com o excesso de sais (ÁLVAREZ & SÁNCHEZ-BLANCO, 2015).

Pode-se observar que a espécie *C. roseus* se destaca com os maiores valores de trocas gasosas em condições de elevadas concentrações de extrato de algas em conjunto com as irrigações de baixa (0,5) e moderada (2,5 dS m⁻¹) salinidade, enquanto a espécie *C. argentea* apresentou os menores valores nessas mesmas condições, no entanto, também, as menores limitações sob elevada CEa (4,5 dS m⁻¹). Para essas espécies, é evidente que a redução na taxa fotossintética e de transpiração está associada a efeitos estomáticos e não estomáticos, notadamente nos níveis mais elevados de salinidade, como foi relatado em outros estudos (BACHA *et al.*, 2017; LACERDA *et al.*, 2020).

Observa-se na figura 17A que a concentração interna de CO₂ para espécie *C. argentea* irrigada com água de baixa salinidade apresentou reduções unitárias de 0,017 μmol mol⁻¹ para cada incremento de concentração do extrato de algas. A elevação da CEa de 2,5 e 4,5 (dS m⁻¹) promoveu uma *C_i* máxima de 306,8 e 336,2 (μmol mol⁻¹) para uma concentração do extrato de 727,14 e 375,5 (mg L⁻¹), respectivamente. Na espécie *C. roseus* o modelo estatístico que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático, em que as máximas concentrações internas de CO₂ (304,4, 285,4 e 342,4 μmol mol⁻¹) foram atingidas quando utilizou-se as concentrações de extrato de algas de 483,75, 603,5 e 1106,6 (mg L⁻¹) nas CEa de 0,5, 2,5 e 4,5 (dS m⁻¹), respectivamente (Figura 17B).

Figura 17 - Concentração interna de CO₂ de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

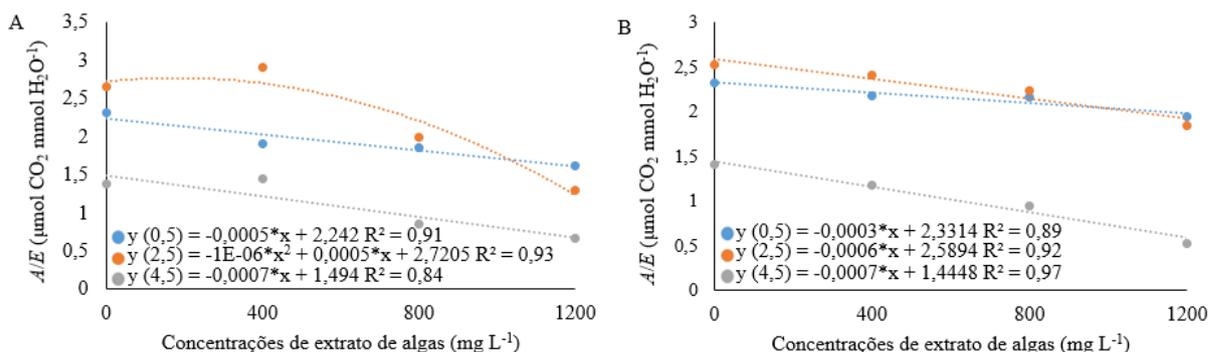
De acordo com Freire *et al.* (2014), a não redução nos valores de *C_i* indica que o CO₂ não está sendo utilizado para a síntese de açúcares no processo fotossintético, sugerindo

que provavelmente um fator não estomático estaria interferindo nesse processo, o que pode ser confirmado pela redução da taxa fotossintética de plantas irrigadas com água salina (DIAS *et al.*, 2018).

Resultados contrários foram obtidos Lacerda *et al.* (2020) em que, verificaram reduções da *C_i* com o aumento da CEA nas espécies *C. roseus*, *A. cathartica*, *I. coccinea* e *D. erecta*, chegando a conclusão que a espécie *I. Coccinea* foi mais tolerante a salinidade sendo evidenciada pelas menores reduções na taxa fotossintética, devido a sua capacidade em reduzir o acúmulo excessivo de sódio nos tecidos fotossintetizantes, havendo a manutenção da morfologia foliar.

Para a eficiência momentânea do uso da água da espécie *C. argentea* observa-se nas CEA de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ houveram reduções lineares com o aumento das concentrações de extrato de algas, com decréscimos de unitários de 0,0005 e 0,0007 μmol de CO₂ por mmol de H₂O, respectivamente, constatando-se reduções relativas totais de 29,8 e 51,4% (Figura 18A). No tratamento de 2,5 dS m⁻¹, o modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático, com a máxima *A/E* estimada em 2,78 μmol de CO₂ por mmol de H₂O para uma concentração do extrato de algas de 250,0 mg L⁻¹, decrescendo em até 53,2% a partir desse nível. Na espécie *C. roseus* o aumento das concentrações do extrato algas culminou em decréscimos lineares na *A/E* em todas as CEA, com reduções de até 16,3% (0,5 dS m⁻¹), 27,6% (2,5 dS m⁻¹) e 62,1% (4,5 dS m⁻¹) comparando-se o tratamento controle (0,0 mg L⁻¹) com a maior concentração de extrato de algas (1200 mg L⁻¹) (Figura 18B).

Figura 18 - Eficiência instantânea do uso da água de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEA e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas

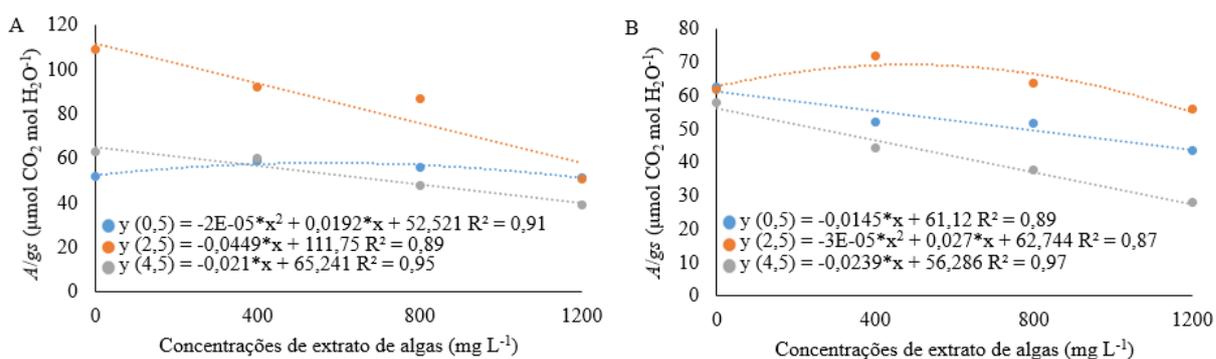


Fonte: Autoria própria, 2022

A água de moderada CEa $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu maior eficiência momentânea do uso da água para ambas as espécies. Estes resultados podem ser explicados, em parte, em virtude que a salinidade reduziu mais severamente a fotossíntese e a transpiração. Por outro lado, mudanças anatômicas induzidas pelos sais podem facilitar o contato de CO_2 com o cloroplasto de uma maneira mais eficiente em uma situação de abertura estomática reduzida, aparentando ser uma resposta adaptativa para proteger o processo fotossintético (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2015). Isto indica um aumento na eficiência intrínseca e instantânea do uso da água sob condições salinas (ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017).

Para a espécie *C. argentea* verificou-se que no tratamento correspondente a CEa de $0,5 \text{ (dS m}^{-1})$ o modelo quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados com uma máxima eficiência intrínseca do uso da água de $57,1 \mu\text{mol de CO}_2$ por $\text{mmol de H}_2\text{O}$ de para uma concentração de extrato de algas de $480,0 \text{ mg L}^{-1}$. As plantas irrigadas com a CEa de $2,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ registraram reduções lineares com o aumento das concentrações do extrato, apresentando quedas de $53,2$ e $37,9\%$ quando se comparou a maior (1200 mg L^{-1}) e a menor ($0,0 \text{ mg L}^{-1}$) concentração respectivamente (Figura 19A). Observa-se na figura 19B que quando a espécie *C. roseus* recebeu as irrigações das CEa de $0,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ houveram reduções lineares da eficiência intrínseca do uso da água com o aumento das concentrações de extrato de algas, com decréscimos de unitários de $0,0145$ e $0,0239 \mu\text{mol de CO}_2$ por $\text{mmol de H}_2\text{O}$, respectivamente, constatando-se reduções relativas totais de $30,7$ e $51,4\%$. No tratamento de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, o modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático, com a máxima A/g_s estimada em $68,8 \mu\text{mol de CO}_2$ por $\text{mmol de H}_2\text{O}$ para uma concentração do extrato de algas de $450,0 \text{ mg L}^{-1}$, decrescendo em até $19,2\%$ a partir desse nível.

Figura 19 - Eficiência intrínseca do uso da água de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



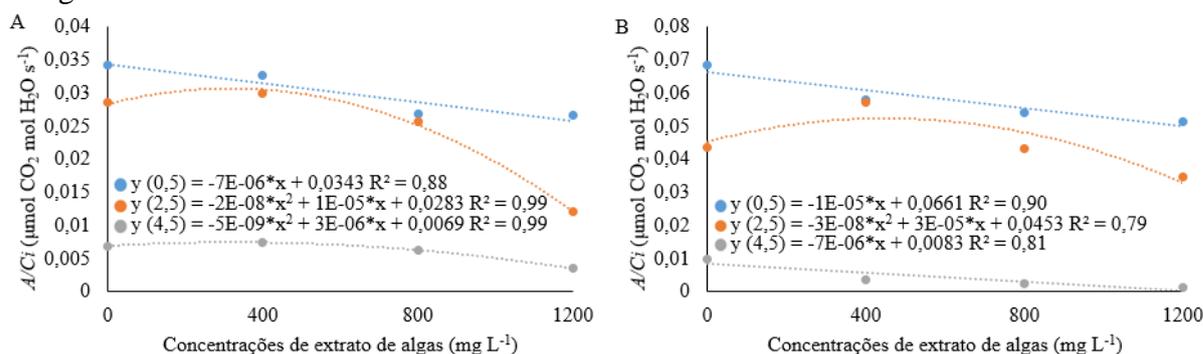
Fonte: Autoria própria, 2022

De igual forma a eficiência intrínseca do uso da água foi potencializada quando se utilizou a CEa de 2,5 dS m⁻¹ para ambas as espécies. Este comportamento pode ser justificado pelo fato de que a abertura e o fechamento estomático regulam as trocas gasosas foliares, onde sob condições estressantes diminuem a perda de água por meio do maior grau de fechamento dos estômatos e conseqüentemente a absorção de CO₂ é restringida. Dessa forma, as maiores eficiências intrínsecas no uso da água indicam que maior quantidade de CO₂ em detrimento da menor perda de água (TAIZ *et al.*, 2017). Na fase inicial de estresse osmótico, a condutância estomática decresce mais rápido do que a taxa de assimilação fotossintética, justificando os maiores valores de A/gs a pleno sol no nível moderado de salinidade (MUNNS & TESTER, 2008).

Na Figura 20A observa-se a eficiência de carboxilação da espécie *C. argentea*, em que a CEa de 0,5 dS m⁻¹ em conjunto com o aumento das concentrações de extrato de algas promoveu redução linear, com decréscimo de 21,9% quando se comparou os extremos das concentrações do extrato (0 e 1200 mg L⁻¹), respectivamente. No tratamento de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹, o modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o polinomial quadrático, com as máximas A/Ci estimadas em 0,0295 e 0,0073 μmol de CO₂ por mmol de H₂O para as concentrações de extrato de algas de 250,0 e 300,0 mg L⁻¹.

Para a espécie *C. roseus* a E/Ci decresceu linearmente com a elevação dos níveis de extrato de algas, quando se comparou a maior e a menor concentração de extrato observou-se reduções de 24,6 e 86,8% para as CEa de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente. A condutividade elétrica da água de 4,5 dS m⁻¹ aliada a aplicação de 833,33 mg L⁻¹ de extrato de algas promoveu uma eficiência de carboxilação máxima de 0,049 μmol de CO₂ por mmol de H₂O, decrescendo em 29,5% quando comparado a concentração do extrato de algas de 1200 mg L⁻¹ (Figura 20B).

Figura 20 - Eficiência de carboxilação de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas

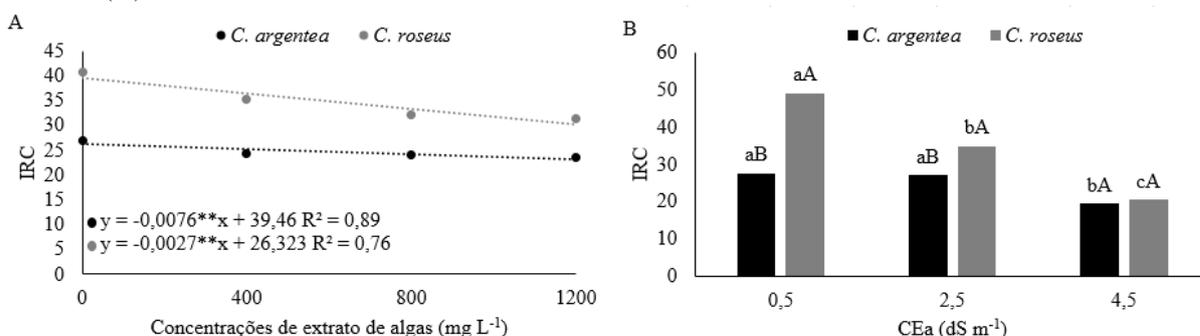


Fonte: Autoria própria, 2022

Resultados semelhantes foram obtidos por Lacerda *et al.* (2020) onde o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu a eficiência de carboxilação em todas as espécies ornamentais avaliadas. Ressalte-se que os dados de *Ci* verificado na figura 17 indicam que as respostas não estomáticas também podem ter atuado na inibição da eficiência de carboxilação de ambas as espécies. As maiores reduções observadas na irrigação com alta salinidade podem indicar a possibilidade de inibição da enzima RuBisCo devido ao estresse salino, o que também irá causar limitações bioquímicas na fotossíntese, diminuindo a eficiência de carboxilação (PERDOMO *et al.*, 2017).

As espécies *C. argentea* e *C. roseus* apresentaram reduções lineares no índice relativo de clorofila, sendo registrados para cada aumento das concentrações de extrato de algas, decréscimos unitários de 0,0076 e 0,0027, respectivamente condicionando reduções relativas totais de 12,9 e 22,6% comparando-se a maior concentração de extrato de algas (1200 mg L⁻¹) com o tratamento controle (Figura 21A). O índice relativo de clorofila foi reduzido à medida que houve incremento na condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 21B), no entanto, essa redução foi menos expressiva na espécie *C. argentea*, registrando decréscimos de 1,7 e 29,2% quando comparou-se respectivamente a CEa de (2,5 e 4,5) com o tratamento controle 0,5 (dS m⁻¹). A espécie *C. roseus* foi severamente mais afetada quando exposta a condições crescentes de CEa revelando declínios de 29,1 e 58,1% no IRC quando irrigado com água de moderada e alta salinidade.

Figura 21 - Índice relativo de clorofila de plantas de *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas (A) e irrigadas com diferentes níveis de CEa (B)



Fonte: Autoria própria, 2022

O incremento das concentrações de extrato de algas reduziu o índice relativo de clorofila nas duas espécies estudadas pois o extrato de algas acrescentou sais ao substrato

contendo de 3 a 5% de Na^+ em sua composição sendo um indicativo que o aumento do Na^+ restringe a síntese de clorofila. A redução da clorofila devido a salinidade pode estar relacionada com a enzima clorofilase que atua no processo de degradação da molécula de clorofila (TAIZ *et al.*, 2017).

Nota-se que existe maior decréscimo na espécie *C. roseus*, indicando maior sensibilidade ao elemento. No que diz respeito a salinidade propriamente dita, o aumento das CEa também reduziu o IRC de ambas as espécies, no entanto, com menor intensidade na espécie *C. argentea*, conforme Bezerra *et al.*, (2020) sugerindo maior tolerância ao estresse salino.

Ao analisar as trocas gasosas da foliares vista na figura 16 e o índice relativo de clorofila visto na figura 21, observa-se claramente os efeitos negativos da salinidade nas duas espécies, uma resposta comum para plantas submetidas a este tipo de estresse abiótico (BACHA *et al.*, 2017). Assim, a redução na concentração de clorofila pode reduzir o valor comercial das plantas ornamentais (TOSCANO *et al.*, 2018).

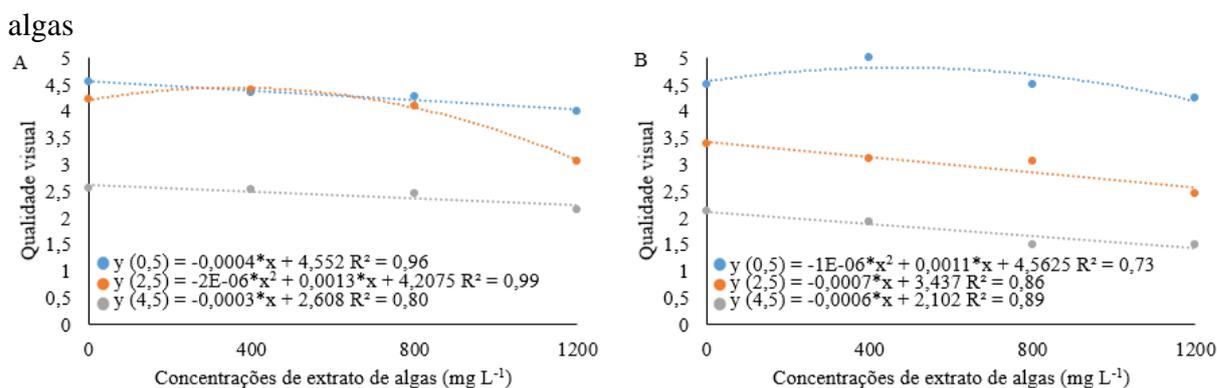
Lacerda *et al.* (2020) ressaltam que o índice relativo de clorofila foi severamente afetado pelo estresse salino na espécie *C. roseus*, sendo confirmado nessa pesquisa.

6.5 Qualidade visual

Para a qualidade visual das espécies observa-se interação significativa entre salinidade x extrato de algas x espécies. Assim, a figura 22A mostra que irrigações com CEa de 0,5 e 4,5 dS m^{-1} resulta em reduções lineares da qualidade visual de *C. argentea* com o aumento das concentrações de extrato de algas, com decréscimos de unitários de 0,0004 e 0,0003 pontos respectivamente, constatando-se redução relativa total de 52,7% quando se comparou os extremos das CEa. No tratamento de 2,5 dS m^{-1} , o modelo que melhor ajustou-se foi o quadrático, com a qualidade visual máxima estimada em 4,2 para uma concentração do extrato de algas de 650,0 mg L^{-1} , decrescendo em até 26,9% a partir desse nível.

Para a espécie *C. roseus*, verificou-se que a CEa de 0,5 (dS m^{-1}) combinado com concentração de extrato de algas de 550,0 mg L^{-1} obteve qualidade visual máxima de 4,56. Ao serem irrigadas com CEa de 2,5 e 4,5 dS m^{-1} com o incremento da concentração do extrato de algas houve redução de 27,9 e 29,2% na máxima concentração (1200 mg L^{-1}) em relação a menor (0,0 mg L^{-1}) (Figura 22B).

Figura 22 – Qualidade visual de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

A ação benéfica do extrato de algas sobre a qualidade visual da espécie foi registrada até a CEa de 2,5 dS m⁻¹. Os efeitos dos extratos de *Ascophyllum nodosum* podem ser atribuídos ao seu conteúdo hormonal, valor nutricional e/ou à presença de polissacarídeos específicos de algas, betaínas, poliaminas e compostos fenólicos com efeitos fenotípicos (SAEGER *et al.*, 2020). No entanto, não foi observado efeito mitigador do extrato de algas na espécie *C. roseus*, possivelmente devido ao maior acúmulo de Na⁺ nas folhas, tendendo causar murchamento e necrose do tecido foliar (MUNNS & TESTER, 2008; DIAS *et al.*, 2016; TAIZ *et al.*, 2017).

A Tabela 8 mostra as notas atribuídas a aparência geral das plantas das espécies *C. argentea* e *C. roseus*. As notas variaram de acordo com espécie e decresceram com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e da concentração de extrato de algas.

Tabela 8 - Notas atribuídas para aparência geral de *C. argentea* e *C. roseus* cultivadas sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de extrato de algas

CEa (dS m ⁻¹)	Concentrações de extrato de algas (mg L ⁻¹)			
	0	400	800	1200
<i>C. argentea</i>				
0,5	7,93 ±0,21	7,77 ±0,2	7,46 ±0,19	7,42 ±0,18
2,5	8,48 ±0,41	8,02 ±0,39	7,81 ±0,38	7,29 ±0,36
4,5	6,25 ±0,59	6,01 ±0,58	5,58 ±0,58	5,25 ±0,57
<i>C. roseus</i>				
0,5	9,05 ±0,23	8,23 ±0,22	7,56 ±0,21	7,19 ±0,2
2,5	6,58 ±0,39	6,39 ±0,39	6,23 ±0,38	5,17 ±0,36
4,5	4,54 ±0,58	3,92 ±0,59	2,66 ±0,61	2,64 ±0,62

Os valores são médias ± erro padrão. Fonte: Autoria própria, 2022

Observa-se que para a espécie *C. argentea*, a CEa de 2,5 dS m⁻¹ aliada as concentrações de 0 e 400 mg L⁻¹ de extrato de algas promoveram maiores médias (8,48 e 8,02) mesmo quando comparado ao tratamento controle (7,93). As menores médias (5,58 e 5,25) foram adquiridas em plantas cultivadas sob CEa elevada (4,5 dS m⁻¹) em conjunto com as maiores concentrações de extrato de algas (800 e 1200 mg L⁻¹), respectivamente.

A análise sensorial possibilita determinar diferenças nas respostas de plantas ornamentais (OLIVEIRA *et al.*, 2018), as quais muitas vezes não são evidenciadas por análises de variáveis quantitativas (CASSANITI *et al.*, 2013; NIU *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Verifica-se que até a CEa de 2,5 dS m⁻¹ não houve resultados negativos na aparência geral da espécie *C. argentea*. Neves *et al.* (2018) afirmam que mesmo uma planta de menor tamanho em decorrência do estresse salino pode manter seu valor comercial com a manutenção ou incremento da produção de flores.

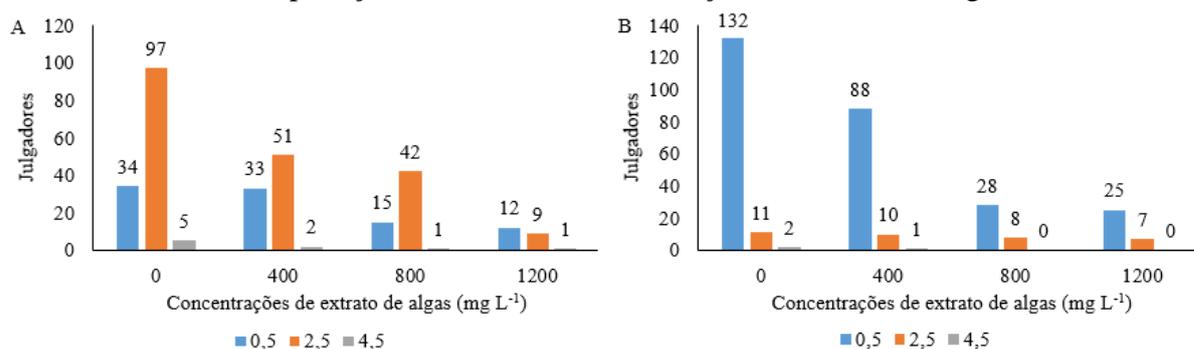
As maiores notas atribuídas às plantas da espécie *C. roseus* foram nos tratamentos com ausência do estresse salino (CEa = 0,5 dS m⁻¹) e em baixas concentrações de extrato de algas (0 e 400 mg L⁻¹), com médias de 9,05 e 8,23. O incremento da CEa associado a elevadas concentrações de extrato de algas reduziram severamente a aparência geral da espécie. Isso demonstra que a salinidade presente no extrato de algas incrementou o efeito da salinidade moderada resultando no acúmulo de sais na fisiologia da planta levando a degradação da clorofila alterando a coloração e aparência geral da planta, revelando, o efeito deletério da interação entre altas CEa e elevadas quantidades de extrato de algas sobre a aparência geral de espécies ornamentais.

Segundo (IBRAFLOR, 2016) a qualidade estética das plantas, como má formação, número reduzido de folhas e coloração pouco atraente constitui defeitos graves quanto os padrões de qualidade de plantas ornamentais para comercialização da Cooperativa Veiling® Holambra e adotados pelo IBRAFLOR (IBRAFLOR, 2015). Resultados contrastantes foram obtidos por Neves *et al.*, (2018) que elucidam em seu estudo que análises quantitativas (crescimento) e qualitativas (sensoriais) mostraram que as plantas de *C. roseus* podem ser produzidas com água salina de 2,5 dS m⁻¹, sendo as plantas deste tratamento as preferidas pelos juízes em análise sensorial devido a qualidade das flores.

Os resultados demonstrados acima apresentam semelhança com os resultados da Figura 23, a qual mostra o teste de preferência pelo comprador, onde se perguntou aos julgadores: “Em sua opinião como comprador, qual das amostras você compraria?” Para a espécie *C. argentea*, observa-se boa distribuição de preferência dos julgadores em que

receberam baixas concentrações de extrato de algas (0,0 e 400 mg L⁻¹) até a CEa de 2,5 dS m⁻¹ (Figura 23A). Já para a espécie *C. roseus* a preferência se concentrou apenas no nível de salinidade 0,5 dS m⁻¹, onde o incremento das concentrações de extrato de algas reduz a preferência dos julgadores. Os resultados para essas espécies são coerentes com as observações e os resultados da Figura 23B.

Figura 23 - Preferência dos julgadores quando questionados sobre qual das amostras comprariam de plantas de *C. argentea* (A) e *C. roseus* (B) irrigadas com diferentes níveis de CEa e cultivadas sob aplicação de diferentes concentrações de extrato de algas



Fonte: Autoria própria, 2022

Os resultados obtidos na Figura 23 mostram que, para os possíveis compradores, as características visuais das folhas e flores têm influência direta na escolha da planta, já que as melhores notas coincidem com as plantas que apresentaram as maiores intenções de compra. Nota-se que se alcançou ótimas preferências pelos julgadores na espécie *C. argentea* irrigada com CEa de 2,5 dS m⁻¹. Possivelmente, isso pode ser um indicativo a presença de flores, formato, tamanho e beleza podem individualmente influenciar na escolha do comprador.

Em síntese o aumento da condutividade elétrica da água associado ao aumento das concentrações do extrato de algas as duas espécies reduzem a altura, número de folhas e área foliar como estratégia de adaptação a salinidade, a fim de reduzir a entrada e acúmulo de sais nas células. Entretanto a espécie *C. argentea* mostra ter melhor capacidade em adaptação ao ambiente salino até a CEa 2,5 dS m⁻¹, obtendo máxima massa seca total em relação a área foliar fotossintetizante (razão área foliar) na concentração do extrato de algas 377,5 mg L⁻¹, assim obtendo maior qualidade visual e aceitação pelos consumidores especialmente na CEa 2,5 dS m⁻¹ e concentração do extrato de algas 400 mg L⁻¹ favorecendo a mitigação dos danos causados a aparência das plantas. Contrário a esse resultado, espécie *C. roseus* mostrou sensibilidade a salinidade, embora a concentração de extrato de algas na faixa de 400 mg L⁻¹ tenha favorecido os índices fisiológicos, não foi eficiente em mitigar os danos causados pela salinidade a clorofila

das folhas, resultando em coloração pouco atraente, menor número de flores, menor qualidade visual e aceitação pelos consumidores nas diferentes salinidades.

7. CONCLUSÕES

A salinidade afeta de forma negativa as características morfofisiológicas e a qualidade visual das duas espécies, principalmente de *C. roseus*.

A CEa de até 2,5 dS m⁻¹ favorece a melhor qualidade visual e maior preferência de compra na espécie *C. argentea*.

A concentração intermediária do extrato de algas (400 mg L⁻¹) promoveu mitigação parcial do estresse salino nos índices fisiológicos das espécies avaliadas no estudo.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MOTOS, J. R.; DÍAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. Physiological and biochemical mechanisms of the ornamental *Eugenia myrtifolia* L. plants for coping with NaCl stress and recovery. **Planta**, v. 242, n. 4, p. 829–849, 2015.
- ACOSTA MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL, V. A.; DIAZ, V. P.; SÁNCHEZ, B. M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, Basileia, v. 7, p. 1-18. 2017.
- ALMEIDA, O. Á. **Qualidade da água de irrigação**. 1. ed. Cruz das almas: EMBRAPA, 2010. 227p.
- ÁLVAREZ, S.; GÓMEZ-BELLOT, M. J.; CASTILLO, M.; BAÑÓN, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Efeito osmótico e salino no crescimento, relações hídricas e captação e translocação de íons em plantas *Phlomis purpúrea*. **Environ. Exp. Robô.**, v. 78, p. 138-145, 2012.
- ÁLVAREZ, S.; RODRÍGUEZ.; BROETTO, F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Respostas de longo prazo e estratégias adaptativas de *Pistacia lentiscus* sob déficit moderado e severo de irrigação e salinidade: ajuste osmótico e elástico, crescimento, absorção de íons e atividade fotossintética. **Agricultural Water Management**, v. 202, p. 253-262, 2018.
- ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 185, p. 65-74, 2015.
- AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 113-121, 2010.
- ANA - Agência Nacional de Águas. (Brasil). **Atlas da irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília. 2021, 85 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacaoUsodaAguanaAgriculturaIrrigada.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2022.
- ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; RODRIGUES, D. F. B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 496-504, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29).
- AZOOZ, M.M.; ISMAEL, A.M.; ELHAMD, M.F.A. Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities as a selection criterion for the salt tolerance of maize cultivars grown under salinity stress. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v. 11, p. 21-6, 2009.

BACHA, H.; TEKAYA, M.; DRINE, S.; GUASMI, F.; TOUIL, L.; ENNEB, H.; TRIKI, T.; CHEOUR, F.; FERCHICHI, A. Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. **South African Journal of Botany**, v.108, p.364-369, 2017.

BAÑÓN, S.; MIRALLES, J.; OCHOA, J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. The effect of salinity and high boron on growth, photosynthetic activity and mineral contents of two ornamental shrubs. **Horticultural Science**, v.39, n.4, p. 188-194, 2012.

BARBOSA, F. S.; LACERDA, C. F.; GHEY, H. R.; FARIAS, G. C.; JÚNIOR, R. J. C. S.; LAGE, Y. A. Yield and ion content in maize irrigated with saline water in a continuous or alternating system. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1731-1737, 2012.

BARONE, V.; BAGLIERI, A.; STEVANATO, P.; BROCCANELLO, C.; BERTOLDO, G.; BERTAGGIA, M.; CAGNIN, M.; PIZZEGHELLO, D.; MOLITERNI, V. M. C.; MANDOLINO, G.; FORNASIER, F.; SQUARTINI, A.; NARDI, S.; CONCHERI, G. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) **Journal of applied phycology** ., v.30, p.1061-1071, 2018.

BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39–48, 2015.

BATISTA, D. S.; ANDRADE, L. O.; FIGUERÊDO, G. R. G.; FARIAS, G. A.; RÊGO, E. R. Desenvolvimento de mudas de crisântemo (*Chrysanthemum coronarium* cv. Dobrado Sortido) em diferentes substratos. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 23, n. 1, p. 61-63, 2008.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2019. 545 p.

BETTINI, M.O. **Aplicação de extrato de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino**. 2015. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

BEZERRA, F. M. S.; LACERDA, C. F.; RUPPENTHAL, V.; CAVALCANTE, E. S.; OLIVEIRA, A. C. Salt tolerance during the seedling production stage of *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* and *Celosia argentea*. **Revista Ciência Agronômica**., v. 51, n. 3, p. 1-9, 2020.

BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANCA, G. K. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias**. Agência Nacional de Águas - ANA. Brasília, 2017. 243 p.

BRAZ, R. S.; LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; 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. 23, p. 907-913, 2019.

BUSTINGORRI, C.; LAVADO, R. S. Soybean growth under stable versus peak salinity. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 102-108, 2011.

- CANTABELLA, D.; PIQUERAS, A.; ACOSTA, M. J. R.; BERNAL, V. A.; HERNÁNDEZ, J. A.; DIAZ, V. P. Salt-tolerance mechanisms induced in *Stevia rebaudiana* Bertoni: effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 484-496, 2017.
- CARTER, C. T.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; SUAREZ, D. L. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 381–394, 2005.
- CARTER, C. T.; GRIEVE, C. M. Growth and nutrition of two cultivars of *Zinnia elegans* under saline conditions. **HortScience**, v. 45, n. 7, p. 1058–1063, 2010.
- CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. **Série Produtor Rural**, Piracicaba, n. 56, 2014. 58 p.
- CASSANITI, C.; ROMANO, D.; FLOWERS, T. J. The response of ornamental plants to saline irrigation water. *In*: GARCÍA GARIZÁBAL, I.; ABRAHAO, R. (eds). **“Irrigation: Types, Sources and Problems/Book 2”**. Rijeka: Intech, 2012. p. 131–158
- CASSANITI, C.; ROMANO, D.; HOP, M. E. C. M.; FLOWERS, T. J. Growing floricultural crops with brackish water. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 165-175, 2013.
- CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura** Volume Especial, p. 699-705, 2011.
- CHEN, J. J.; XING, H.; YOUPIING SUN, A. P.; NIU, H.; CHAPPELL, M.; Gas Exchange and Mineral Nutrition of 12 *Viburnum* Taxa Irrigated with Saline Water. **HortScience**. v. 55, n. 8, p. 1242- 1250, 2020.
- COLMER, T. D.; MUNNS, R.; FLOWERS. T. J. Improving salt tolerance of wheat and barley: future prospects. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, n.11, p. 1425-1443, 2005.
- CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSOS, L. R.; SCALON, S. P. Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.4, p. 67-74, 2009.
- CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 371-393, 2011.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. 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, 2018.

DIAS N. S.; BLANCO F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. S. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I.S. R. Efeito dos sais no solo e na planta. In: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal,2016. Cap. 9, p. 151-162.

DROBEK, M.; FRĄC, M.; CYBULSKA, J. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress - A review. **Agronomy**, v. 9, n. 335, p. 2-18, 2019.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, vol. 196, 3-14, ISSN 0304-4238, 2015.

ERVIN, E.H.; ZHANG, X.; FIKE, J.H. Ultraviolet-b radiation damage on Kentucky bluegrass II: Hormone supplement effects. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1471-1474, 2004.

FAHAD, S.; HUSSAIN, S.; MATLOOB, A.; KHAN, F. A. KHALIQ, A.; SAUD, S.; HASSAN, S. SHAN, D.; KHAN, F. ULLAH, N.; FAIQ, M.; KHAN, M. R.; TAREEN, A. K.; KHAN, A.; ULLAH, A.; ULLAH, N.; HUANG, J. Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. **Plant Growth Regulation**, v. 75, p. 391-404, 2015.

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R. O. S.; SALDANHA, L.; BETINNI, M. O.; BROETTO, F. Effect of seaweed extract formulation on coffee plants at different irrigation levels. **Asian academic research journal of multidisciplinary**, v. 6, n. 5, p. 60-74, 2019.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados** (2ed). Fortaleza: INCTsal, 2016, p. 209-242.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

FOYER C. H.; SHIGEOKA, G. Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 93–100, 2011.

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.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 471-475, 2018.

FREITAS, M. A. C.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; PEREIRA, M. S.; NOGUEIRA FILHO, F. P.; LACERDA, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 4, p. 839-849, 2014.

FREITAS, V. S. MARQUES, E. C.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3341-3352, 2013.

FORNES, F.; BELDA, R.M.; CARRIÓN, C.; NOGUERA, V.; GARCÍA-AGUSTÍN, P.; ABAD, M. Preconditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. **Scientia Horticulturae**, v. 113, p. 52-59, 2007.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LLANDERAL, A.; PESTANA, M.; CORREIA, P. J.; LAO, M. T. Tolerance mechanisms of three potted ornamental plants grown under moderate salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 84-91, 2016.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 430-439, 2018.

GETU, M. **Ethiopian floriculture and its impacts on the environment: regulation, supervision and compliance**. Mizan Law Review 3, 1–31. 2009. Addis Ababa: St. Mary's University. Disponível em: <http://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/123456789/8712>. Acesso em: 15 maio de 2020.

GHEEWALA, S. H.; SILALERTRUKSA, T.; NILSALAB, P.; LECKSIWILAI, N.; SAWAENGSAK, W.; MUNGKUNG, R.; GANASUT, J. Water stress index and its implication for agricultural land-use policy in Thailand. **International Journal of Environmental Science and Technology**, Suíça, v. 15 n. 4, 833–846. 2018.

GOMES, K. R.; SOUSA, G. G.; LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 680-693, 2015.

GURURANI, M. A., VENKATESH, J., TRAN, L. S. P. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. **Molecular Plant**, v. 8, p.1304–1320, 2015.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. 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**. Fortaleza: INCTsal, 2016, p. 35-50.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR. **O mercado de flores no Brasil**. Campinas, 2015. Disponível em: <http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=235>. Acesso em: 15 dez. 2021.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014.

KERIN, B.F. **Impact of harvesting on the nitrogen, phosphorus and carbon contents of the brown algae *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis** (rockweed). Dissertação de Mestrado. The University of New Brunswick. 1998, 120p.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 386-399, 2009.

KUDO, N.; SUDINO, T.; OKA, M.; FUJIYAMA, H. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 56, n. 2. p. 225-233, 2010.

KUKAL, M. S.; IRMAK, S. Impact of irrigation on interannual variability in United States agricultural productivity. **Agricultural Water Management**, v. 234, p. 106-141, 2020.

KUMAR, A. **Activity and mechanisms of *Ascophyllum nodosum* extract induced salinity tolerance in tomato**. 2014. Dissertação (mestrado em Ciências) - University of Dalhousie Halifax, Nova Scoti, 2014.

KUMAR, G.; PURTY R.S.; SHARMA, M.P.; SINGLA-PAREEK, S.L.; PAREEK, A. Physiological responses among Brassica species under salinity stress show strong correlation with transcript abundance for SOS pathway-related genes. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 507-520, 2009.

KUMAR, M.; KUMAR, R.; JAIN, V.; JAIN, S. Differential behavior of the antioxidant system in response to salinity induced oxidative stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of Brassica juncea L. **Biocatalisys and Agricultural Tecnology**, v.13, p.12-19, 2018.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; GUIMARÃES, F. V. A.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n. 4, p.455-465, 2006.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n. 2, p. 107-120, 2003.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. (ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios às plantas**. Recife: UFRPE, 2005. p.127-137.

LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, E. S.; NEVES, A. L. R.; MELO, A. S.; MEDEIROS, W. J. F. Estresse salino em plantas e forma de mitigação. In: CERQUEIRA, P. R. S.; LACERDA, C. F.; ARAUJO, G. G. L.; GHEYI, H. R.; SIMÕES, W. L. **Agricultura irrigada em ambientes salinos**. 1.ed. Brasília: CODEVASF, 2021. cap. 7, p.202-228.

LACERDA, C. F.; FERREIRA, J. F. S.; LIU, X.; SUAREZ, D. L. Evapotranspiration as a

criterion to estimate nitrogen requirement of maize under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 202, p. 192-202, 2016.

LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, E. O.; NEVES, A. L. R.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, M. A.; COSTA, C. A. G. Morphophysiological responses and mechanisms of salt Tolerance in four ornamental perennial species under tropical climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 656-663, 2020.

LARRÉ, C. F.; MARINI, P.; MORAES, C. L.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M. Influência do 24-epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, p. 67-76, 2014.

LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. **Agricultural Water Management**, v. 146, n. 9, p. 84-94, 2014.

LI, M.; XU, Y.; FU, Q.; SINGH, V. P.; LIU, D.; LI, T. Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 586, 124888, 2020.

LI, X.; KANG, Y.; WAN, S.; CHEN, X.; XU, J. Effect of drip – irrigation with saline water on Chinese rose (*Rosa Chinensis*) during reclamation of very heavy coastal saline soil in a field trial. **Scientia horticulturae**, v.186, p.163-171, 2015.

LUNA, N. R. S. **Aplicação de extratos de algas marinhas em sistema de produção de girassol irrigado com água salina**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MACÊDO, L. S.; SOUSA, M. R.; MORRILL, W. B. B. Drenagem para Controle da Salinidade. **Tecnologia e Ciência agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 69-71, 2007.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MELO, A. S.; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SOBRAL, L. F.; SUASSUNA, J. F.; VIEGAS, P. R. A. FERRAZ, R. L. S. Chlorophyll and macronutrients content in leaf tissue of *Musa sp Prata-An* under fertigation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 1714-1720, 2014.

MICHALAK, I.; GÓRKA, B.; WIECZOREK, P. P.; RÓJ, E.; LIPOK, J.; ŁĘSKA, B.; MESSYASZ, B.; WILK, R.; SCHROEDER, G.; DOBRZYŃSKA-INGER, A.; CHOJNACKA, K. Supercritical fluid extraction of algae enhances levels of biologically active compounds promoting plant growth. **European Journal of Psychology**, v.51, n.3, p.243-252, 2016.

MINHAS, P. S.; RAMOS, T. B.; BEN-GAL, A.; PEREIRA, L.S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 227, 105832, 2020.

- MOORE, K.; WAJSBROT, C.; BURGART, C.; FISHER, L. A Test Method to Evaluate Salt Tolerance of Ornamentals. **Hort technology**, v. 29, n. 4, p. 434-437, 2019.
- MUÑIZA, J. L. M.; HERNÁNDEZ, M. E.; PÉREZ, M. P. G.; TEJEDA, S. I. A. Plant growth and pollutant removal from wastewater in domiciliary constructed wetland microcosms with monoculture and polyculture of tropical ornamental plants. **Ecological Engineering**, Amsterdã, v. 147, 105658, 2020.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Reino Unido, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost? **New Phytologist**, Reino Unido, v. 208, p. 668-673, 2015.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.
- MURILLO-AMADOR, E.; TROYO-DIÉGUEZ, J. L.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, R.; LÓPEZ-AGUILAR, N. Y.; ÁVILA-SERRANO, S.; ZAMORA-SALGADO, E. O. RUEDA-PUENTE. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Scientia Horticulturae.**, v. 108, p. 423-441, 2006.
- NAIR, P.; KANDASAMY, S.; ZHANG, J.; JI, X.; KIRBY, C.; BENKEL, B.; HODGES, M.D.; CRITCHLEY, A.T.; HILTZ, D.; PRITHIVIRAJ, B. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, London, v. 13, p. 643, 2011.
- NANDY, P.; DASGUPTA, N.; DAS, S. Differential expression of physiological and biochemical characters of some Indian mangroves towards salt tolerance. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 15, p. 151-160, 2009.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 869-872, 2009.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, A. C.; SOUSA, C. H. C.; OLIVEIRA, F. I. F.; RIBEIRO, M. S. S. Quantitative and qualitative responses of *Catharanthus roseus* to salinity and biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 22-26, 2018.
- NEUMANN, E. R.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; CHAGAS, R. R.; LIMA FILHO, R. B. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 35, n. 4, 2017.
- NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S. Relative salt tolerance of selected herbaceous perennials and ground covers. **Scientia Horticulturae**. v.110, n.4, p. 352-358,2006.
- NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; MCKENNEY, C. Response of selected wildflower species to saline water irrigation. **HortScience**, v. 47, n. 9, p. 1351-1355, 2012.

- OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-16, 2010.
- OLIVEIRA, F. I. F.; MEDEIROS, W. J. F.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; OLIVEIRA, D. R. Saline water irrigation managements on growth of ornamental plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 11, p. 739-745, 2017.
- OLIVEIRA, E. V.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, D. R.; OLIVEIRA, F. I. F.; VIANA, T. V. A. A new method to evaluate salt tolerance of ornamental plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 30, p. 173-180, 2018.
- OLIVEIRA, L. A. A.; GÓES, G. B.; MELO, I. G. C.; COSTA, M. E.; SILVA, R. M. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 01-04, 2011.
- ORBIS RESEARCH REPORT, 2018. **Global floriculture market by manufacturers, countries, type and application, forecast to 2023**. Disponível em: <https://www.orbisresearch.com/reports/index/global-north-america-europe-and-asia-pacific-south-america-middleeast-and-africa-floriculture-market-2018-forecast-to-2023>. Acesso em: 15 jan. de 2022.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, p. 324-349, 2005.
- PERDOMO, J. A.; CAPÓ-BAUÇA, S.; CARMO-SILVA, E.; GALMÉS, J. Rubisco and rubisco activase play an important role in the biochemical limitations of photosynthesis in rice, wheat and maize under high temperature and water deficit. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.
- PEREIRA FILHO, João. V.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, T. C.; PEREIRA, C. C. M. Sousa. CRESCIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB SALINIDADE E DÉFICIT HÍDRICO. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v. 11, p. 2217-2228, 2017.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; MIRANDA, R. S. **Physiology and biochemistry of plants growing under salt stress**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados (2ed). Fortaleza: INCT sal, p. 163-176, 2016.
- RAGHUNANDAN, B. L.; VYAS, R. V.; PATEL, H. K.; JHALA, Y. K. Perspectives of seaweed as organic fertilizer in agriculture. In: PANPATTE, D.; JHALA Y. (Eds.). **Soil fertility management for sustainable development**. Singapore: Springer, 2019. Chap. 13, p. 267-289.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M.; MARSHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. (Estudos da FAO – Irrigação e Drenagem, 48).

ROGERS, H. J. From models to ornamentals: how is flower senescence regulated? **Plant Mol. Biol.**, v. 82, p. 563-574, 2013.

RODRIGUES, V. S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 101-105, 2020.

SAEGER, J.; VAN PRAET, S.; VEREECKE, D.; PARK, J.; JACQUES, S.; HAN, T.; DEPUYDT, S. Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. **Journal of applied phycology** v.32, p.573–597, 2020.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016.

SANTOS, P. L. F.; ZABOTTO, A. R.; JORDÃO, H. W. C.; BOAS, R. L. V.; BROETTO, F.; TAVARES, A. R. Uso de bioestimulante a base de alga (*Ascophyllum nodosum*) na germinação e crescimento de plântulas de girassol ornamental. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 3, p. 231-237, 2019.

SANTOS, R. A.; CARNEIRO, A. P. T.; SANTOS, V. R.; COSTA, L. C.; SANTOS, C. G.; SANTOS NETO, A. L. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1255–1261, 2014.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ALAN MARIO ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p.1563-1578, 2012.

SHUKLA, P. S.; MANTIN, E. G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 2019.

SILVA, C. C.; ARRAIS, I. J.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p.234-241, 2016.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3733-3740, 2016.

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-caupi. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA JUNIOR, F. B.; SOUSA, G. G.; SOUZA, J. T. M.; LESSA, C. I. N.; SILVA, F. D. B. Saline stress and ambience in the production of watermelon seedlings. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 160-169, 2020.

SILVA, M. L. S.; SOUSA, H. G.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Growth and photosynthetic parameters of saccharine sorghum plants subjected to salinity. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 41, p. 1-9, 2019.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F. SILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. 2.ed. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTsal, p.181-196, 2016.

SIRINGAM, K., JUNTAWONG, N., CHA-UM, S., KIRDMANEE, C. Salt stress induced ion accumulation, ionhomeostasis, membrane injury and sugar contents insalt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) root under iso-osmotic conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 1340-1346, 2011.

SOARES, J.; LOTERIO, R. K.; ROSA, R. M.; SANTOS, M. O.; NASCIMENTO, A. G.; SANTOS, N. T.; WILLIAMS, T. C. R.; NUNES-NESI, A.; MARTINS, M. A. *Scenedesmus* sp. cultivation using commercial-grade ammonium sources. **Annals of Microbiology**, v. 68, n. 1, p. 35-45, 2018.

SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; MIRANDA, R. S. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2ed. Fortaleza: INCTsal, 2016, p. 259-274.

SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1143-1151, 2010.

SOUSA, G. G.; MENDONÇA, A. M.; SALES, J. R. S.; SILVA JUNIOR, F. B.; MORAES, J. G. L.; SOUSA, J. T. M. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. 3241-3248, 2020.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-8, 2019.

SUN, W.; XU, X.; ZHU, H.; LIU, A.; LIU, L.; LI, J.; HUA, X. Comparative transcriptomic profiling of a salt-tolerant wild tomato species and a salt-sensitive tomato cultivar. **Plant Cell & Physiology**, v. 51, p. 997-1006, 2010.

SUN, Y.; NIU, G.; PEREZ, C.; PEMBERTON, H. B.; ATLAND, J. Responses of Marigold cultivars to saline water irrigation. **HortTechnology**, v. 28, n. 2, p. 166-171, 2018.

SYNGENE RESEARCH, 2019. **Global Floriculture Market Analysis 2019**. ID 4751637. Report. 108 pages. In: <https://www.researchandmarkets.com/research/24fd5f/global?w=4>

- SZABADOS, L.; KOVÁCS, H.; ZILBERSTEIN, A.; BOUCHEREAU, A. Plants in Extreme Environments: Importance of Protective Compounds in Stress Tolerance. **Advances in Botanical Research**, v. 57, p. 105-150, 2011.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. MOLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed ,2017. 888 p.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.
- TOSCANO, S.; TRIVELLINI, A.; FERRANTE, A.; ROMANO, D. Physiological mechanisms for delaying the leaf yellowing of potted geranium plants. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p.146-154, 2018.
- URBAN, L. AARROUF, J.; BIDEL, L. P. R. Assessing the effects of water deficit on photosynthesis using parameters derived from measurements of leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017
- VALDÉS, R.; MIRALLES, J.; FRANCO, J. A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; BAÑÓN, S. Using soil bulk electrical conductivity to manage saline irrigation in the production of potted Poinsettia. **Scientia Horticulturae**, v. 170, p. 1-7, 2014.
- YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: A global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2017.
- WU, M.; LUO, Q.; LIU, S.; ZHAO, Y.; LONG, Y.; PAN, Y. Screening ornamental plants to identify potential Cd hyperaccumulators for bioremediation. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 162, p. 35-41, 2018.
- WU, S.; SUN, Y.; NIU, G. Morphological and physiological responses of nine ornamental species to saline water irrigation. **HortScience**, v. 51, p. 285-290, 2016.
- ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1737-1745, 2004.
- ZELM, E. V.; ZHANG, Y.; TESTERINK, C. Salt tolerance mechanisms of plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 71, p.403-433, 2020.