

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DANIELA MELO PENHA

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E MITIGADOR DE SALINIDADE EM
CULTIVARES DE ALFACE EM SUBSTRATO**

DISSERTAÇÃO

**PATO BRANCO
2023**

DANIELA MELO PENHA

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E MITIGADOR DE SALINIDADE EM
CULTIVARES DE ALFACE EM SUBSTRATO**

ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SALINITY MITIGATION IN
LETTUCE CULTIVARS IN SUBSTRATE

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do título de Mestre em Agronomia –
Área de Produção Vegetal da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Thiago de Oliveira Vargas

PATO BRANCO
2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco**



DANIELA MELO PENHA

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E MITIGADOR DE SALINIDADE EM CULTIVARES DE ALFACE EM
SUBSTRATO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 26 de Junho de 2023

Dr. Thiago De Oliveira Vargas, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Americo Wagner Junior, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Milena Maria Toma De Oliveira, Doutorado - University Of Nebraska-Lincoln

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/06/2023.

A minha mãe, Alzelir Melo
(in memoriam).

AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelo acolhimento em uma época tão difícil. A Universidade Federal do Ceará por permitir a realização do experimento em suas dependências.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Thiago de Oliveira Vargas, pela orientação e paciência. A Dr^a Milena Maria Tomaz de Oliveira, por ter despertado em mim o interesse pelo meio acadêmico e estar presente desde a minha graduação. Ao Prof. Américo Wagner Júnior pelas valiosas colaborações e sugestões. A Prof.^a Rosilene Oliveira Mesquita e o Prof. Ismail Soares pela ajuda na instalação e condução do experimento.

A minha mãe (*in memorian*) e as minhas irmãs, pelo incentivo e por serem fontes de inspiração. Ao meu namorado, por estar sempre ao meu lado e ajudar com o experimento. Aos alunos do PPGAG da UTFPR, por toda a ajuda, amizade e compreensão. A Karine pela ajuda na condução do experimento. Aos alunos do PPGAF, PPGCS e PPGEA da UFC: Jhony, Letícia, Bruna, Rafael, Lindemberg e Mayara, por estarem sempre dispostos a ajudar.

Por fim, a todos que me ajudaram e contribuíram para a pessoa que eu sou hoje. Aos meus professores por todas as horas de dedicação e carinho no preparo das aulas. Muito obrigado!!

*“Acredite em você e em tudo que você
é. Saiba que existe algo dentro de você
que é maior que qualquer obstáculo”.*

Rachel Adams

RESUMO

A salinidade provoca prejuízos na agricultura ao redor do mundo, com efeitos negativos na produção e qualidade dos alimentos. O principal fator associado é o uso de água de baixa qualidade na irrigação. O objetivo desse estudo foi avaliar o uso de mitigadores de salinidade em um cultivo de alface em substrato, com as cultivares 'Lucy Brown', 'Moana' e 'Grand Rapids' em diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva: 1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2 dS m⁻¹. Realizou-se dois experimentos, com o primeiro em delineamento de blocos ao acaso, em fatorial 3 x 5 (cultivar x condutividade elétrica), e o segundo no mesmo delineamento em blocos casualizados, mas testando-se quatro tratamentos, em que três atuam como mitigadores de salinidade: composto orgânico à base de bagana de carnaúba + cama de frango, Codasal[®] e Radimax⁺[®] e, a testemunha. No primeiro experimento testaram-se as cultivares mencionadas e as condutividades elétricas de 1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2 dS m⁻¹ e; no segundo somente com a cultivar 'Moana', com a solução nutritiva ajustada para CE de 3,2 dS m⁻¹. Foram avaliadas variáveis morfológicas (área foliar, número de folhas, folhas com sintomas, diâmetro do caule, massa da matéria fresca e seca da parte aérea), e fisiológicos (teor de clorofila, fotossíntese, transpiração, condutância estomática, eficiência do uso da água instantânea e intrínseca e eficiência interna da carboxilação). O uso de diferentes mitigadores de salinidade reduziu a maioria dos parâmetros fisiológicos e morfológicos apesar de preservar a matéria fresca da parte aérea, importante característica comercial, não sendo indicado como alternativa para o controle da salinidade em substratos quando utilizados da mesma maneira que no cultivo convencional.

Palavras-chave: Salinidade. Hortaliça. Fisiologia vegetal. Condutividade elétrica. Substrato.

ABSTRACT

Salinity causes damage to agriculture around the world, with negative effects on food production and quality. The main associated factor is the use of low-quality water in irrigation. The objective of this study was to evaluate the use of salinity mitigators in lettuce cultivation in substrate, with the cultivars 'Lucy Brown', 'Moana' and 'Grand Rapids' at different salinity levels of the nutrient solution: 1.6 dS m⁻¹; 2.0 dS m⁻¹; 2.4 dS m⁻¹; 2.8 dS m⁻¹ and 3.2 dS m⁻¹. Two experiments were carried out, with the first in a randomized block design, in a 3 x 5 factorial (cultivation x electrical conductivity), and the second in the same randomized block design, but testing four treatments, in which three act as salinity mitigators: organic compound based on carnaubeira palm butt + chicken litter, Codasal® and Radimax+® and, the control. In the first experiment, the mentioned cultivars and electrical conductivities of 1.6; 2.0; 2.4; 2.8 and 3.2 dS m⁻¹ were tested; in the second 'Moana', with the nutrient solution adjusted to EC of 3.2 dS m⁻¹. Morphological variables (leaf area, number of leaves, leaves with symptoms, stem diameter, mass of fresh and dry matter of the aerial part), and physiological variables (chlorophyll content, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency) were evaluated. instantaneous and intrinsic and internal efficiency of carboxylation). The use of different salinity mitigators reduced most physiological and morphological parameters despite preserving the fresh mass of the aerial part, an important commercial characteristic, and is not indicated as an alternative for controlling salinity in substrates when used in the same way as in conventional cultivation.

Keywords: Salinity. Vegetable. Plant physiology. Electric conductivity. Substrate.

LISTA DE FIGURAS

- 1 Temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (UR) máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação, durante 7 de junho a 30 de agosto de 2022. 25
- 2 Características do acúmulo de sais nas folhas de alface. Fortaleza, CE, 2023 27
- 3 AF (A); NF (B); DC (C); FS (D); MSF (E); MSC (F); MFPA (G); SPAD (H); *A* (I); *E* (J); g_s (L); EUA inst.(M); EUA int. (N) e E_iC (O) em função de cinco níveis de condutividade elétrica (1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2) e três cultivares de alface (Lucy Brown, Moana e Grand Rapids). 34
- 4 Ci/Ca das cultivares de alface Lucy Brown, Moana e Grand Rapids 36

LISTA DE TABELAS

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | Soluções estoques | 26 |
| 2 | AF, NF, <i>A</i> , <i>E</i> , g_s , EUA inst. E EIC obtidos com a testemunha, Codasal®, Radimax+® e composto. | 37 |

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
PPGCS	Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo
PPGAF	Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia
PPGAG	Programa de Pós-Graduação em Agronomia
PPGEA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>A</i>	Fotossíntese
AF	Área Foliar
ANOVA	Análise de variância
C_a	Carbono ambiente
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	Cloreto de cálcio diidratado
CE	Condutividade elétrica
C_i	Carbono interno
CO_2	Dióxido de carbono
COVID-19	Coronavirus disease 2019
CTC	Capacidade de troca catiônica
CV	Coefficiente de variação
DBA	Delineamento em blocos ao acaso
DC	Diâmetro do caule
dS	Decisiemens
<i>E</i>	Taxa de transpiração
EiC	Eficiência instantânea de carboxilação
EUA inst.	Eficiência no uso da água instantânea
EUA int.	Eficiência no uso da água intrínseca
FS	Folhas com sintomas
g	Gramas
g_s	condutância estomática
H_2O	Água
HCl	ácido clorídrico
m	Metro
MFPA	Massa fresca da parte aérea
ml	Mililitro
μmol	Micromol
mmol	Milimol
MSC	Massa seca do caule
MSF	Massa seca das folhas
Na	Sódio

NaCl	Cloreto de sódio
NF	Número de folhas
ns	Não significativo
pH	Potencial hidrogeniônico
s	Segundo
SPAD	Soil Plant Analysis Development
UR	Umidade Relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- °C Grau Celsius
- ® Marca registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 Geral.....	19
2.2 Específicos	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Salinidade.....	20
3.2 Cultivo protegido	21
3.3 Mitigadores de salinidade	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Localização do experimento	24
4.2 Material vegetal, condições e delineamentos experimentais	24
4.3 Solução Nutritiva	26
4.5 Composto de bagana de carnaúba + cama de frango	26
4.4 Análises morfológicas	27
4.5 Análises fisiológicas.....	28
4.6 Drenado.....	28
4.7 Análises estatísticas.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Efeitos do estresse salino em três cultivares de alface.....	29
5.2 Efeitos dos mitigadores de salinidade.....	37
6. CONCLUSÕES	40
7. REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE 1 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: área foliar (AF em cm ²), número de folhas, diâmetro do caule (DC em mm) e folhas com sintomas (FS, em %).	48

APÊNDICE 2 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: massa seca das folhas (MS em g), massa seca do caule (MSC em g), massa fresca (MFPA em g).....	49
APÊNDICE 3 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: SPAD, fotossíntese (A em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática (g_s em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).	50
APÊNDICE 4 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: razão entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), eficiência instântanea do uso da água (EUA inst.), eficiência intrínseca do uso da água (EUA int.) e eficiência instântanea de carboxilação (EiC).....	51
APÊNDICE 5 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis AF, em cm^2 ; NF; DC, em mm e MF, em g, do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.	52
APÊNDICE 6 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis MSF, em g; MSC, em g; SPAD e RAFE do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.	53
APÊNDICE 7 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis A , em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; E , em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e g_s , em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.	54
APÊNDICE 8 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis C_i/C_a , em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$; EUA inst. em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; EUA int. e EIC do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.	55

1. INTRODUÇÃO

A degradação do solo e dos recursos hídricos são intensificados pelas mudanças climáticas, interferindo no desenvolvimento rural e aumentando as preocupações com a segurança alimentar (KURUNC, 2021; BREŚ et al., 2022). A ocorrência de eventos extremos ocasionando inundações, dias muito quentes ou muito frios prejudicam os cultivos levando a grandes perdas na produção.

Segundo Lal (2016) o aumento populacional também pode estar relacionado com a degradação dos recursos naturais visto que aumenta a pressão no abastecimento de água e de alimentos. De acordo com a FAO (2021), mais de 200 milhões de pessoas padeceram de segurança alimentar moderada ou grave na América Latina e no Caribe em 2020 sob a sombra da COVID-19. A necessidade de aumento na produção faz com que a exploração intensiva do solo e a expansão das fronteiras agrícolas se tornem mais constantes ocasionando devastação de florestas, erosão e contaminação das águas pelo uso excessivo de agrotóxicos, por exemplo. Conforme Manos e Xydis (2019), apesar da distribuição de terras favoráveis à agricultura ser irregular entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, a área arável não está crescendo. Por isso faz-se necessário a adoção de atitudes mais sustentáveis para a preservação destas. A utilização de grandes quantidades de água para a irrigação, de fertilizantes e agrotóxicos são pontos de atenção quando se trata de uma sociedade mais sustentável (LAL, 2016; MANOS; XYDIS, 2019).

Ao proporcionar melhor controle sobre a produção vegetal (COELLO; MESA, 2023), o cultivo protegido ganha mais adeptos mundialmente (ZAWADZIŃSKA et al., 2021). Neste, as barreiras físicas encontradas, permitem a manipulação dos fatores abióticos a fim de direcionar o crescimento e desenvolvimento das plantas de acordo com os objetivos do produtor ao mesmo tempo em que otimiza a utilização de insumos. O uso de substratos é uma prática muito comum nesses cultivos, mas várias condições físicas, químicas e biológicas devem ser observadas para não causarem prejuízos às plantas e aos consumidores (ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA; et al., 2022). A aquisição de produtos comerciais nem sempre é possível para os produtores devido ao seu valor de mercado, por isso o uso de compostagem de resíduos orgânicos é visto como uma alternativa econômica e ambientalmente correta (LIU et al., 2018).

Dentre os alimentos disponíveis, os vegetais representam importante papel na dieta humana já que são ricos em fibras, minerais, proteínas e água, sendo recomendados por médicos

e nutricionistas a fim de se obter uma alimentação balanceada e prevenir doenças (ZAWADZIŃSKA et al., 2021; KURNIK-ŁUCKA et al. 2022). Uma hortaliça muito consumida pela população, em geral, é a alface (*Lactuca Sativa* L.), cultivada em vários países (KIM et al., 2016; ADHIKARI et al., 2019; LEMOS NETO et al., 2020; CARILLO et al., 2021) e comumente utilizada em saladas (KIM et al., 2016; AHMED et al., 2019). Devido à sua importância na dieta humana, há na literatura estudos (SOARES et al., 2016; ZUFFO et al., 2016; SHIN et al., 2020) a respeito do comportamento desta espécie em estresse salino, visando, primordialmente, o seu cultivo em locais em que não existe a disponibilidade de água de boa qualidade para a irrigação.

Em todos os continentes, há países que sofrem com o fenômeno da desertificação, ocasionado em grande parte pela salinidade que é agravada pela irregularidade pluvial (LI et al., 2019) e o uso de águas de baixa qualidade. De acordo com Panagea et al. (2016), a disponibilidade de água de qualidade previne a salinização do solo, mas tal condição também é dependente das condições climáticas e do manejo do solo. A salinidade é fator abiótico que limita a produtividade das culturas (ACOSTA-MOTOS et al. 2017; AHMED et al., 2019).

No solo, ela provoca mudanças nas propriedades físicas e químicas, já nas plantas leva ao fechamento estomático, distúrbios fisiológicos, redução da taxa fotossintética e da absorção de minerais (ADHIKARI et al., 2019; LEMOS NETO et al., 2020; BRESÉ et al., 2022). Neste contexto, observa-se o surgimento de diversas estratégias que proporcionem o cultivo de plantas em condições adversas. A utilização de condicionadores de solo, adubos sintéticos e compostos orgânicos como mitigadores de salinidade, tal qual o aproveitamento da água da chuva, rotação de culturas com adubação verde e uso de agentes biológicos, podem ser considerados como medidas utilizadas para prevenção, controle ou redução da salinidade (PANAGEA et al. 2016; SOARES et al. 2016; ROUPHAEL et al., 2018; LI et al., 2019; MANASA et al. 2020; LEITE et al., 2022; LIU et al., 2022; YU et al., 2022).

Este trabalho teve como hipótese que mitigadores de salinidade utilizados no cultivo tradicional também são viáveis em alface cultivada em substrato.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliou-se o composto de bagana de carnaúba + cama de frango e os produtos comerciais: Codasal® e Radimax+®, como mitigadores do estresse salino em alface (cultivares ‘Lucy Brown’, ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’) cultivada em substrato sob 5 níveis de condutividade elétrica (1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2 dS m⁻¹).

2.2 Específicos

Avaliou-se três cultivares de alface quanto aos aspectos de formação e fisiológicos em estresse salino.

Selecionou-se cultivar de alface sensível ao estresse salino.

Selecionou-se nível de condutividade elétrica da solução salina para o teste com os mitigadores de salinidade.

Avaliou-se a formação da alface em estresse salino com o uso de mitigadores de salinidade.

Acompanhou-se o nível da condutividade elétrica (CE) dos líquidos lixiviados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Salinidade

A salinidade é problema para a agricultura mundial, afetando a produtividade das plantas, especialmente em regiões áridas e semiáridas (MIRANDA et al., 2021). Com isso, induz ao estresse osmótico, ocasionando redução na disponibilidade de água para as plantas e toxidez iônica ao desequilibrar o conteúdo de nutrientes no citosol (SOARES et al., 2016; ACOSTA-MOTOS et al., 2017; AHMED et al., 2019). Como consequência, têm-se a redução na taxa fotossintética e fechamento dos estômatos, com consequente diminuição da produção (LEMOS NETO et al., 2020). No solo, causa malefícios às propriedades físicas e químicas, principalmente em alta concentração de cloreto de sódio, dificultando o estabelecimento agrícola (KURUNC, 2021; BREŚ et al., 2022).

Segundo Panagea et al. (2016) e Ahmed et al. (2019), ela é uma das causas de desertificação em países com zonas costeiras. A irregularidade das chuvas e o uso de água de baixa qualidade nestes locais contribuem para a deterioração dos solos. A irrigação geralmente utiliza água proveniente do lençol freático que, devido à alta demanda, tem o seu nível reduzido proporcionando a intrusão da água do mar, ou seja, água com grandes quantidades de sais solúveis (KURUNC, 2021). No Brasil, relatos de danos em cultivos irrigados com água de mananciais subterrâneos estão presentes em todas as regiões (MEDEIROS et al., 2016).

A salinidade ocasionada pela deposição prolongada de sais oriundos de intempéries, ou seja, por processos naturais, é classificada como primária. Por outro lado, quando o acúmulo de sais é ocasionado pela atividade antrópica, como pelo uso exagerado de fertilizantes e o manejo inadequado da irrigação, por exemplo, é classificada como secundária (ARIF et al., 2020).

Em lugares com baixa disponibilidade de água de qualidade, os produtores utilizam-se de água salobra para irrigação. Pesquisas para mitigar o efeito salino em plantações que utilizem a água salobra na irrigação são necessárias tanto para a preservação de recursos hídricos destinados ao abastecimento humano e animal, bem como para contribuir com a segurança alimentar (SOARES et al. 2016).

A salinidade pode ser utilizada como um eustressor químico, afetando a qualidade física e a composição química de várias hortaliças (ROUPHAEL et al., 2018; AHMED et al., 2019). Com a sua manipulação é possível estimular a geração de compostos bioativos, como

flavonoides e antocianinas, que apesar de não serem produzidos pelo organismo humano são benéficos à saúde devido à sua ação antioxidante (RAMOS-SOTELO et al., 2019). Segundo Niu et al. (2018), a condição de estresse leve a moderado pode aumentar a qualidade da produção de hortaliças folhosas devido ao estímulo do metabolismo secundário das plantas.

Na literatura há estudos que comprovam a utilização de vários produtos no controle dos efeitos negativos nos solos e em plantas motivados pelo acúmulo de sais (LEMOS NETO et al., 2020; ARAÚJO et al. 2021; BEZERRA et al., 2021; LIU et al., 2022).

3.2 Cultivo protegido

A melhor expressão do potencial genotípico da planta é observada quando existe combinação ideal dos fatores que influenciam no seu desenvolvimento como temperatura, umidade do ar, luz, CO₂, água e nutrientes, aumentando assim o rendimento da produção. Isso faz com que a seleção genotípica seja fundamental para o sucesso de boa colheita, principalmente em ambientes controlados (ROUPHAEL et al. 2018; SHAMSHIRI et al., 2018).

O sistema intensivo de produção de alimentos, buscando condições ótimas para o crescimento e desenvolvimento das plantas, é realizado em ambiente controlado (SUBIN et al., 2018). Como a produção vegetal está entre os setores que dependem diretamente do clima e condições do tempo, o cultivo protegido mitiga a atuação indesejada desses fatores abrangendo desde simples fileiras cobertas em campos abertos até estruturas altamente sofisticadas que proporcionam melhor controle do ambiente permitindo assim obter colheitas fora da estação tradicional ou realizar cultivos em áreas em que as condições são desfavoráveis (RAHMAN et al., 2019).

O cultivo de alimentos em sistemas sem solo em condições de ambiente protegido tem aumentado o interesse entre produtores nos últimos anos, consequência da melhoria que proporciona na produtividade, controle da produção e aumento da qualidade (BUEHLER; JUNGE, 2016; NIU et al., 2018; PACE et al., 2018; MANOS; XYDIS, 2019; SAMBO et al., 2019; GUMISIRIZA et al., 2022). A possibilidade de cultivo em áreas menores, que não necessitem de solo, com baixa disponibilidade de água e em qualquer estação do ano, proporciona a instalação de plantações em áreas degradadas e até mesmo dentro de grandes zonas urbanas (MANOS; XYDIS, 2019; ZHU et al., 2021; GUMISIRIZA et al., 2022). A produção de hortaliças próxima aos centros consumidores possibilita o consumo de alimentos produzidos localmente, especialmente com o aumento da demanda por hortaliças frescas ou

minimamente processadas sendo também vista como vantagem para os produtores ao diminuir o custo com o frete (BUEHLER; JUNGE, 2016; EAVES; EAVES, 2017; PACE et al., 2018).

O sistema hidropônico apresenta inúmeras vantagens como: possibilidade de cultivo de diversas espécies sob condições adversas, reaproveitamento da água, melhoria na eficiência de uso de fertilizantes, plantas mais uniformes e melhor controle da produção, sendo uma alternativa para o cultivo comercial baseado no solo (SOUZA et al., 2019). Diferentemente do sistema tradicional em que os trabalhadores frequentemente são encontrados em posturas inadequadas, as quais ocasionam, por exemplo, dores nas costas, a hidroponia, é geralmente instalada sobre bancadas, propiciando melhores condições ergonômicas aos trabalhadores da agricultura (BENOS et al., 2020). O melhor uso da água, reduz a pressão no abastecimento desta, ao demandar uma menor quantidade de água quando comparado ao cultivo tradicional (GUMISIRIZA et al., 2022). É estimado que cerca de 70% da água disponível seja consumida pela agricultura (MANOS; XYDIS, 2019).

Segundo Li et al., (2019), também existe o risco da salinidade em ambientes protegidos devido à falta de lixiviação pela água da chuva, fazendo com que o produtor dedique atenção especial para o manejo da irrigação. Na hidroponia, o produtor possui total controle sobre a solução nutritiva aplicada, garantindo a quantidade ideal de nutriente para cada espécie de planta, prevenindo possíveis perdas na produção (MANOS; XYDIS, 2019; SAMBO et al., 2019; JURGA et al., 2020; CONVERSA et al., 2021).

De acordo com Roupael et al. (2018), a manipulação da solução nutritiva pode influenciar no metabolismo secundário das plantas, com efeitos desejáveis. Com o aumento adequado da condutividade elétrica pode ser observada influência positiva no teor de moléculas antioxidantes e b-caroteno, apesar destas serem mais sensíveis a luz e a temperatura (ROUPHAEL et al., 2021). Além disso, o efeito osmótico causado pela concentração de sais proporciona um menor volume de água e conseqüentemente maior concentração de sólidos solúveis (GIORDANO et al., 2021).

Este tipo de plantio facilita a manipulação dos nutrientes fornecidos à planta além de permitir maior controle sobre os fatores que influenciam na absorção destes, como: temperatura, pH e CE da solução nutritiva (KIM et al., 2016). Água de alta qualidade (definida como água de baixa salinidade) é geralmente recomendada e necessária, uma vez que a solução nutritiva é renovada periodicamente para evitar o acúmulo de sódio, cloreto e sulfato. Entretanto, o fornecimento desta é limitado em várias regiões e pode não ser acessível aos produtores (NIU et al., 2018).

3.3 Mitigadores de salinidade

O desenvolvimento de novos produtos capazes de reduziem os efeitos nocivos que a salinidade causa às plantas cresce à medida em que este problema afeta a produção mundial de alimentos. A restauração da fertilidade dos solos, recuperação de áreas degradadas e adsorção de íons de metais pesados são relevantes na busca por mundo mais sustentável (LEITE et al., 2022; LI et al., 2021).

Os condicionadores de solo são capazes de atuar nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo, melhorando-as, sendo muitas vezes utilizados como mitigadores de salinidade (ZHU et al., 2021). Para isso, podem ser de origem orgânica ou inorgânica, visam, em geral, o aumento da fertilidade e retenção de água do solo, enquanto aprimoram a aeração e drenagem do solo.

O uso de produtos orgânicos, como o composto de resíduo vegetais e esterco, têm sido aplicados na recuperação de solos (MANASA et al., 2020). A matéria orgânica presente melhora a capacidade de troca de cátions (CTC) e por conseguinte a disponibilidade de nutrientes. Morais et al. (2018) descreveram que a utilização de esterco em compostos de mistura proporciona redução de fertilizantes de origem mineral nos cultivos visto que disponibilizam quantidade considerável de nutrientes. Além disso, o aumento da retenção de água promovida pelo incremento do material orgânico ajuda na diminuição da concentração de sais na solução do solo e diminui a necessidade de grandes volumes de água para a irrigação (LERMA et al., 2018).

A melhoria das propriedades físicas do solo pode mitigar o efeito do estresse salino ao aumentar a capacidade de drenagem, facilitando assim a lixiviação do excesso de sais e evitando o seu acúmulo na rizosfera, e diminuindo a resistência à penetração, favorecendo o desenvolvimento das raízes (OVALLE et al., 2016).

Existe atualmente estudos a fim de explorar os benefícios dos condicionadores de solo como a imobilização de metais pesados e herbicidas no solo, colaborando para a preservação ambiental. MARSICO et al. (2018) observaram a redução da mobilidade de herbicidas no solo ao utilizarem mucilagem oriunda de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) como condicionador de solo. Ashfaque e Inam (2019) verificaram redução na absorção de cádmio, cromo e chumbo pelas plantas ao aplicarem a combinação de cinzas de combustível pulverizadas com doses de potássio no solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na cidade de Fortaleza (3°43'02" S e 38°32'35" W), Ceará, Brasil, em casa de vegetação do departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará (UFC). O clima local é 'Aw', caracterizado como tropical chuvoso de acordo com a classificação de Alvares et al. (2013), com temperatura média anual de 26,5 °C.

4.2 Material vegetal, condições e delineamentos experimentais

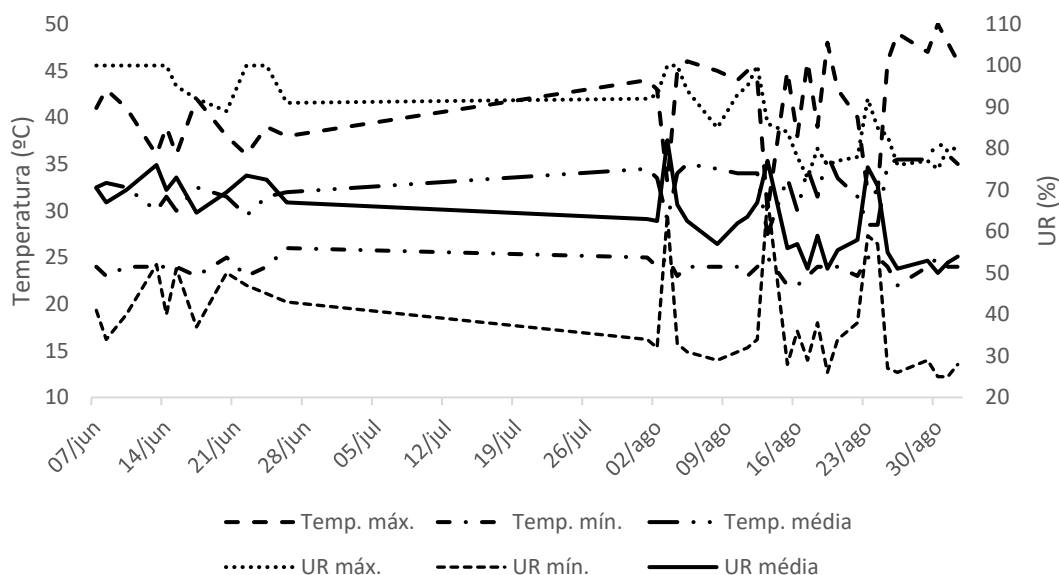
Foram realizados dois experimentos em épocas diferentes. No primeiro, foi realizada uma triagem a fim de determinar o material mais susceptível à salinidade, bem como o nível de condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva a serem utilizados no experimento seguinte, realizado de maio a junho de 2022. Bifatorial (3x5) no delineamento de blocos ao acaso (DBA), com três cultivares e cinco níveis de CE da solução nutritiva, com 6 repetições, sendo uma planta por unidade experimental, totalizando 90 plantas. As cultivares 'Lucy Brown', do tipo americana, 'Moana' e 'Grand Rapids', ambas do tipo crespa, foram semeadas em bandejas de polietileno com 128 células individualizadas contendo como substrato vermiculita e fibra de coco (1:2; v:v). As mudas foram fertirrigadas com uma solução nutritiva baseada em Furlani (1998) com CE 1,2 dS m⁻¹ até 3 dias após o transplântio. Ocorrendo este quando as plantas apresentaram 3 folhas definitivas. As plantas cresceram em sistema semi-hidropônico, em vasos com 3L de substrato comercial Carolina Soil[®]. No quarto dia após o transplântio iniciou-se a aplicação dos tratamentos. Os sais NaCl e CaCl₂.2H₂O (8:2 v:v) foram adicionados à solução nutritiva até chegarem à CE desejada para os tratamentos: 1,6 dS m⁻¹ (T01), 2,0 dS m⁻¹ (T02), 2,4 dS m⁻¹ (T03), 2,8 dS m⁻¹ (T04) e 3,2 dS m⁻¹ (T05). A cada 3 dias foi aplicado uma lâmina de lixiviação em todas as plantas a fim de evitar a salinização do substrato.

O segundo experimento foi realizado de julho a setembro do mesmo ano. Em DBA, com testemunha e três mitigadores de salinidade, sendo uma planta por unidade experimental, com 10 repetições para as análises morfológicas (40 plantas), e 6 repetições para as fisiológicas (24 plantas) a fim de mitigar o efeito dos blocos. A cultivar determinada anteriormente foi semeada e irrigada até o terceiro dia após o transplântio da mesma maneira que no experimento anterior. As plantas foram cultivadas em sistema semi-hidropônico, em vasos com 3 litros do substrato

comercial Carolina Soil[®] para os tratamentos T01, T02 e T03. Para o tratamento T04, um litro de composto de bagana de carnaúba + cama de frango foi incorporado a dois litros do substrato comercial. As plantas foram fertirrigadas a partir do quarto dia após o transplântio com a solução nutritiva cuja CE foi determinada pelo experimento anterior. Os mitigadores de salinidade, que representam os tratamentos, foram aplicados de acordo com a recomendação do fabricante a cada 7 dias após a primeira aplicação da solução salina até à colheita. O tratamento T01 representou a testemunha, não recebendo a aplicação de nenhum produto. T02 recebeu a aplicação do produto comercial Codasal[®] e T03 do Radimax[®]. O T04 correspondeu ao composto de bagana de carnaúba + cama de frango, sendo este incorporado ao substrato uma única vez.

Durante os experimentos, foi utilizado um termo-higrômetro para o monitoramento do microclima no interior da casa de vegetação. A temperatura média registrada no primeiro experimento foi de 31,5°C, com a média da umidade relativa do ar (UR) em 70,3%. O segundo, apresentou uma temperatura média de 33,8°C, com a média da UR em 60,5% (Figura 1).

Figura 1 – Temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa do ar (UR) máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação, durante 7 de junho a 30 de agosto de 2022.



Fonte: a autora (2023).

4.3 Solução Nutritiva

A solução nutritiva foi preparada de acordo com Furlani (1998). Foram preparadas seis soluções estoques para os macros e micronutrientes, utilizando um litro de água destilada cada (Tabela 1). Sendo todas armazenadas em garrafas do tipo PET, opacas e guardadas ao abrigo da luz. Para o preparo de cada litro da solução padrão foi utilizado um ml de cada solução estoque e água proveniente do abastecimento urbano, cuja CE era $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. A CE da solução padrão ficou em $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ e o pH foi ajustado com HCl para 6,05.

Tabela 1 – Soluções estoques.

	Produto	Quantidade (g)
1 ^a	Nitrato de cálcio	350
2 ^a	Nitrato de potássio	250
3 ^a	Fosfato monoamônico	75
4 ^a	Sulfato de magnésio	200
5 ^a	Sulfato de cobre	0,15
	Sulfato de Zinco	0,5
	Sulfato de manganês	1,5
	Ácido bórico	1,5
	Molibdato de sódio	0,15
6 ^a	Quelato de ferro	15

Os tratamentos foram preparados a partir da adição dos sais NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (8:2; v:v) à solução padrão até chegarem à CE desejada para os tratamentos. No primeiro experimento foram utilizadas soluções com $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ (T01), $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (T02), $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (T03), $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ (T04) e $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ (T05). No segundo experimento, foi utilizada somente a de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$. Estas foram armazenados em baldes de 20 litros com tampas.

4.5 Composto de bagana de carnaúba + cama de frango

A bagana de carnaúba foi misturada com a cama de galinha frango, na proporção de 1:1 (v/v), disposta em uma pilha com dois metros de comprimento, um metro de largura e um metro de altura. Sendo revirada quinzenalmente para auxiliar na aeração e irrigação.

O processo de compostagem foi realizado de outubro de 2021 a janeiro de 2022 na Horta Didática da UFC - Campus do Pici. Esta foi fornecida pelo setor de avicultura ligado ao Departamento de Zootecnia da UFC e essa pela empresa Pontes Indústria de Cera Ltda. Sendo

armazenado em sacos de r fia, na sombra, dentro da casa de vegeta o até a utiliza o no segundo experimento.

4.4 Análises morfológicas

As plantas foram colhidas em cerca de 30 dias após o transplântio em ambos os experimentos, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para mensura o das variáveis: massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), número de folhas (NF), percentual de folhas com sintomas (FS), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF).

Com a utiliza o de uma balança de precisão (0,01g) foram obtidas MFPA, MSF e MSC, após secagem do material vegetal destas últimas em estufa com circula o forçada de ar a 60 C até atingirem um peso constante, sendo expresso em gramas.

Através da contagem de folhas maiores que três centímetros de comprimento foi determinado NF. FS foi calculado através da contagem de folhas que apresentavam sinais de acúmulo de sais dividido (Figura 2) por NF, com dados expressos em percentagem. Foi utilizado um paquímetro digital, em mm, para a determina o de DC.

Figura 2 – Características do  cumulo de sais nas folhas de alface. Fortaleza, CE, 2023.



Fonte: Autora (2022)

AF foi determinada por um integrador de superfície (LI – 3100,  rea Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA) com resultado expresso em cm².

4.5 Análises fisiológicas

Os parâmetros fisiológicos foram coletados 20 dias após o transplante, entre 9:00 e 10:00 horas, na terceira folha completamente expandida a partir do ápice, com a utilização de analisador de gás no infravermelho (IRGA; modelo portátil LI-6400XT, Li-Cor® Biosciences Inc., Lincoln, Nebraska, USA), com radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante (1500 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração constante de CO_2 (400 mg L^{-1}) com temperatura e umidade ambiente.

As variáveis coletadas foram fotossíntese (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), razão entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$). A eficiência do uso da água instantânea (EUA inst.) foi calculada pela divisão entre A e E , a eficiência do uso da água intrínseca (EUA int.) por A/g_s e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) por A/C_i .

O teor de clorofila foi determinado usando leitor de índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) e coletado juntamente com os parâmetros fisiológicos.

4.6 Drenado

Os dados da CE do drenado de todos os vasos foram coletados, no segundo experimento, com um condutivímetro de bolso (AK51 – AKSO) a cada três dias após a primeira aplicação de T02 e T03.

4.7 Análises estatísticas

Foi verificado a homogeneidade de variâncias e a normalidade dos erros para as variáveis observadas através dos testes de Barlett e Lilliefors ($\alpha= 5\%$). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significantes, as variáveis estudadas ao longo no estudo foram analisadas por regressão polinomial para o fator quantitativo e as médias foram comparadas pelo teste de Turkey ao nível de 5% de significância quando necessárias para o fator qualitativo e médias do segundo experimento. Os programas utilizados para as análises estatísticas e confecção dos gráficos foram o GENES (CRUZ, 2013) e o Excel®, respectivamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeitos do estresse salino em três cultivares de alface.

Exceto para C_i/C_a , todas as variáveis morfológicas e fisiológicas apresentaram interação significativa entre as cultivares x níveis de CE da solução nutritiva, indicando que a combinação entre estes fatores gera um efeito adicional ao efeito isolado dos mesmos, ou seja, o comportamento das cultivares modificam-se com os diferentes níveis de CE e vice-versa. Por outro lado, C_i/C_a variou somente para o fator cultivar (Apêndices 1,2 , 3 e 4).

A cultivar ‘Lucy Brown’ ajustou-se à forma quadrática nas cinco variáveis analisadas (AF, FS, MSF, A e EiC) e linear nas demais (Figura 3). A cultivar ‘Moana’ ajustou-se à forma quadrática na maioria das variáveis (AF, A , g_s , E , EiC , MSC e SPAD) e obteve o comportamento linear na variável MSF. A cultivar ‘Grand Rapids’ em todas as variáveis houve comportamento quadrático.

A AF das cultivares ‘Lucy Brown’ e ‘Moana’ foi ajustada ao comportamento quadrático. A primeira cultivar apresentou ponto máximo na CE $2,66 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a $3169,89 \text{ cm}^2$, com a segunda na CE $1,53 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, em nível de salinidade mais baixo, no qual obteve-se $2238,11 \text{ cm}^2$. Na cultivar ‘Grand Rapids’ não houve ajuste a modelo matemático (Figura 3A).

O NF na cultivar ‘Lucy Brown’ apresentou comportamento linear, obtendo-se redução de 6% quando comparado ao menor e o maior nível de salinidade. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ não ajustaram as suas médias ao modelo matemático (Figura 3B). O FS na cultivar ‘Lucy Brown’ foi ajustado ao comportamento quadrático, atingindo redução máxima em $2,21 \text{ dS m}^{-1}$, que correspondeu a 45,84%. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ não ajustaram as suas médias ao modelo matemático (Figura 3C).

O DC na cultivar ‘Lucy Brown’ foi ajustado a um comportamento linear, obtendo redução de 16,37% quando comparamos o menor e o maior nível de salinidade. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ não diferiram significativamente suas médias de acordo com a condutividade elétrica (Figura 3D).

A MSC da cultivar ‘Lucy Brown’ apresentou comportamento linear, tendo no maior nível de salinidade redução de 18,30% quando comparado ao menor. A MSC na cultivar ‘Moana’ apresentou comportamento quadrático, na qual ocorre a sua redução máxima em 2,44

dS m⁻¹, correspondendo a 0,26 g. A cultivar ‘Grand Rapids não diferiu significativamente as suas médias segundo as condutividades elétricas utilizadas.

A MSF na cultivar ‘Lucy Brown’ teve comportamento quadrático, com redução máxima em 2,22 dS m⁻¹, em que se obteve 8,15 g, diferentemente da ‘Moana’ com aumento linear de 11%, na CE mais elevada. A cultivar ‘Grand Rapids não ajustou suas médias segundo modelo matemático, tendo médias estatisticamente semelhantes de acordo com cada condutividade elétrica (Figuras 3E e 3F).

O comportamento linear foi obtido para MFPA nas cultivares ‘Lucy Brown’ e ‘Moana’, com reduções de 14,01% e 18,10%, respectivamente. A cultivar ‘Grand Rapids não diferiu estatisticamente suas médias entre as condutividades elétricas (Figura 3G).

A diminuição dos parâmetros vegetais de crescimento com o aumento do estresse salino é considerada mecanismo de defesa da planta, que tem por finalidade minimizar a perda de água pela transpiração através da redução da expansão celular (ACOSTA-MOTOS et al., 2017; AHMED et al., 2019; SHIN et al., 2020; ARAÚJO et al., 2021).

Portanto, reduções mais brandas nestes são observadas em cultivares mais tolerantes (ADHIKARI et al., 2019). Neste experimento, a AF da ‘Lucy Brown’ aumentou com o incremento da salinidade para depois reduzir, enquanto com a ‘Moana’ houve contínua redução para a ‘Moana’, sugerindo ser esta a mais sensível. Resultado diferente do encontrado por Lemos Neto et al. (2020) em que a AF da ‘Lucy Brown’ reduziu em 81,4% quando comparado ao controle. Estes autores usaram solução nutritiva com CE de 7,65 dS m⁻¹, sendo este nível estressante maior do que o utilizado nesse estudo.

A toxidez iônica causa injúria nas folhas, na forma de clorose ou necrose, afetando a atividade fotossintética (ACOSTA-MOTOS et al., 2017; ADHIKARI; et al., 2019). Neste trabalho foi verificado manchas brancas nas folhas, característica do acúmulo de sais nos vacúolos, tendo nas cultivares ‘Lucy Brown’ e ‘Moana’ os maiores valores. De acordo com os autores citados anteriormente, a tolerância das plantas para altas concentrações de sal depende da compartimentalização dos íons na célula, onde deixam de ser prejudiciais às plantas. Dessa maneira, pode ser considerado mecanismo de defesa das plantas para conter a alta salinidade e sobreviver. O acúmulo de Na⁺ no citoplasma cria ambiente tóxico, afetando o metabolismo vegetal, elevando o estresse (ADHIKARI et al., 2019). O aumento do teor de Na nas folhas foi relatado nas plantas em condição de estresse salino (CARILLO et al., 2021), sendo este importante indicador para o consumo (BREŚ et al., 2022).

A redução de DC pode ter sido ocasionada pela diminuição de A , pois com menor produção de foto assimilados, a planta usa seu estoque para suprir as suas necessidades de manutenção, diminuindo conseqüentemente sua biomassa (SOUZA et al., 2021). Conforme Miranda et al. (2021), genótipos que apresentam redução drástica em parâmetros biométricos são mais sensíveis ao estresse salino.

A fixação de CO_2 por meio da fotossíntese reflete no ganho da massa de matéria seca das plantas, sendo essa influenciada pela AF (ZUFFO et al., 2016). No presente estudo, esta não foi a única a interferir em A , visto que apesar de a cultivar ‘Lucy Brown’ possuir maior área foliar, MSF e MSC, ela não apresentou os maiores valores de A . O inverso aconteceu com ‘Grand Rapids’, em que obteve os maiores valores de A mas as menores médias para as demais variáveis. Todavia, o ganho de massa da matéria seca não pode ser atribuído apenas à AF pois, a capacidade de aproveitamento da energia luminosa, é o principal responsável pelo crescimento e desenvolvimento vegetal.

O aumento da MSF neste experimento pode ser explicado pela possível abundância de ROS e lignina induzidas pelo metabolismo secundário da planta na condição de estresse, fato também observado por Adhikari et al. (2019) e BREŠ et al. (2022). Carillo et al. (2020) descreveram que este estresse abiótico também é capaz de induzir o acúmulo de amido e sacarose nas folhas de alface visando proteger suas biomoléculas e membranas.

Nos trabalhos de Miranda et al. (2021) e Acosta-Motos et al. (2017) houve diminuição da massa da matéria seca com estresse salino, fato observado somente na MSC neste experimento, sugerindo a preferência pelo consumo de foto assimilados pelo caule enquanto ocorre aumento na produção de folhas.

A massa da matéria fresca das plantas é afetada pela salinidade por causa da alteração no potencial osmótico na zona radicular e dentro das células vegetais, sendo considerada um dos mais comuns fatores abióticos que limitam a produtividade das plantações (AHMED et al., 2019). No trabalho de Kurunc (2021), observou-se aumento na média com pouco incremento da salinidade para em seguida reduzir drasticamente. Este, comportamento é diferente do obtido no presente trabalho em que as médias das cultivares ‘Lucy Brown’ e ‘Moana’ reduziram gradativamente com o aumento da CE, indicando a dificuldade na manutenção de água dentro das células.

O índice SPAD na cultivar ‘Lucy Brown’ apresentou aumento linear em 23,10% e quadrático com ponto mínimo na cultivar ‘Moana’ ocorrendo em $2,42 \text{ dS m}^{-1}$, cujo valor foi de 20,17 de acordo com o comportamento quadrático. ‘Grand Rapids’, apresentou também

comportamento quadrático, com ponto máximo em $2,45 \text{ dS m}^{-1}$, tendo valor de 22,88 (Figura 3H).

Em todas as cultivares, houve comportamento quadrático para A . ‘Lucy Brown’, ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ apresentaram ponto mínimo em $2,80 \text{ dS m}^{-1}$, $2,60 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,60 \text{ dS m}^{-1}$, alcançando $10,36 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $8,99 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $13,41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Em relação à g_s , ao comportamento da cultivar ‘Lucy Brown’ pode ser descrito por uma função linear, apresentando redução de 32,83%. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ apresentaram comportamento quadrático, com ponto mínimo em $2,57 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,12 \text{ dS m}^{-1}$, em que atingiram $0,17 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,27 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. No que se refere a E , o comportamento da cultivar ‘Lucy Brown’ pode ser representado pela função linear, demonstrando redução de 37,15%. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’, apresentaram comportamento quadrático, com ponto mínimo em $2,58 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,91 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, em que se obteve $3,38 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $4,66 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Figura 3I, 3J e 3L).

Importante para a determinação do teor de clorofila na planta, o índice SPAD está intimamente relacionado à taxa fotossintética. De acordo com Silva et al. (2021), a redução do índice SPAD é ocasionado pela diminuição na síntese de pigmentos fotossintéticos ou pela degradação destes. Com o aumento da concentração de NaCl na solução nutritiva, redução ou excesso de energia luminosa podem ocasionar essa resposta (ACOSTA-MOTOS et al., 2017; CARILLO et al., 2020; FORMISANO et al., 2021). A elevação dos valores deste índice implica em estratégia para aumentar a taxa fotossintética, fato observado nos trabalhos de Acosta-Motos et al. (2017); Adhikari et al. (2019); Lemos Neto et al. (2020) e Miranda et al. (2021), bem como no presente trabalho com a cultivar ‘Lucy Brown’. Isto demonstrou que o aumento da salinidade não foi suficiente para a degradação da clorofila desta cultivar.

A salinidade induz ao estresse osmótico, afetando g_s , A , E e a absorção de nutrientes (ADHIKARI et al., 2019; SHIN et al., 2020; MIRANDA et al., 2021). As trocas gasosas nas folhas ocorrem via estômato, com a absorção de CO_2 e transpiração ocorrendo simultaneamente (WANG et al., 2022). Quando a g_s é diminuída por causa do estresse osmótico ocorre a tentativa de minimizar as perdas de água, E é realizado pela cutícula gerando aumento da temperatura foliar e intensificando o estresse abiótico. A reduz, culminando no consumo de seus próprios foto assimilados, e assim afetando o crescimento vegetal (ACOSTA-MOTOS et al., 2017). Nas Figuras 3I, 3J e 3L, verificou-se que a diminuição da g_s refletiu nos valores de A e E em todas as cultivares. Resultados semelhantes foram obtidos por Adhikari et al. (2019) e Silva et al. (2021). ‘Lucy Brown’ e ‘Grand Rapids’ apresentaram resultados parecidos em todas as

variáveis, tendo com ‘Moana’ redução mais drástica em A , refletido pelo comportamento da variável SPAD e explicando a queda da AF conforme o aumento da salinidade.

Outros fatores abióticos como a temperatura e a umidade registrada podem ter intensificado os sintomas oriundos do estresse salino, visto que são variáveis determinantes para o crescimento das plantas (ZUFFO et al., 2016). A alta temperatura e baixa umidade contribuem para o aumento de E , gerando maior consumo de água e consequentemente o transporte de sais para a planta, além de reduzir g_s e A (AMITRANO et al., 2021; FORMISANO et al., 2021; AHMED et al., 2022).

Na variável C_i/C_a , somente houve efeito significativo para as cultivares. ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ apresentaram a maior razão em comparação a ‘Lucy Brown’ (Figura 4). A CE da solução nutritiva não interagiu com a razão C_i/C_a , indicando que a intensificação do estresse não foi suficiente para ocasionar a variação no ingresso do CO_2 , o que era esperado devido à redução de g_s . O menor valor obtido com ‘Lucy Brown’ sugere que a fixação de CO_2 foi mais eficiente nesta do que nas demais cultivares, conforme já descrito por SILVA et al., (2021).

O EUA inst. da cultivar ‘Grand Rapids’ apresentou comportamento quadrático, com ponto mínimo em $2,40 \text{ dS m}^{-1}$, atingindo média de $2,83$ (Figura 3M). O EUA int. desta mesma cultivar também apresentou comportamento quadrático, com ponto de mínimo em $2,29 \text{ dS m}^{-1}$, cuja média foi de $48,85$ (Figura 3N). As cultivares ‘Lucy Brown’ e ‘Moana’ não diferiram estatisticamente suas médias dentro de cada condutividade elétrica. Em todas as cultivares, o comportamento de EiC pode ser representado por função quadrática. ‘Lucy Brown’, ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’ apresentaram pontos mínimos em $2,84 \text{ dS m}^{-1}$, $2,69 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,61 \text{ dS m}^{-1}$, alcançando os valores de $0,034$; $0,032$ e $0,044$, respectivamente (Figura 3O).

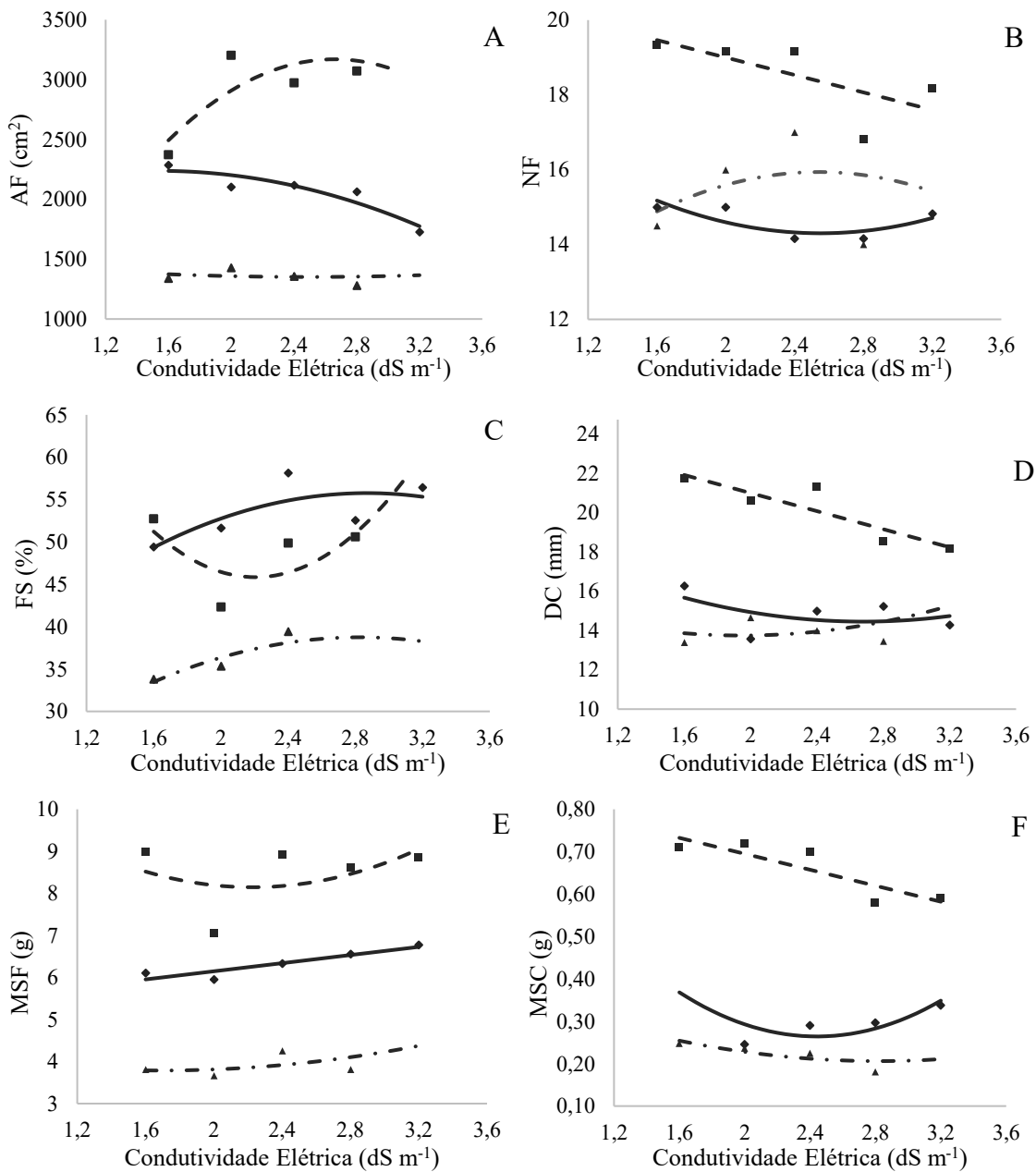
A variável EUA inst. influencia na produção das plantas ao revelar sua capacidade em preservar água, ou seja, quando permite maior carboxilação com menor perda de água (AMITRANO et al., 2021; FORMISANO et al., 2021; SOUZA et al., 2021). A redução da EUA inst., observada neste trabalho é característica oriunda do estresse hídrico ocasionado pela diminuição de A , conforme Carillo et al. (2020).

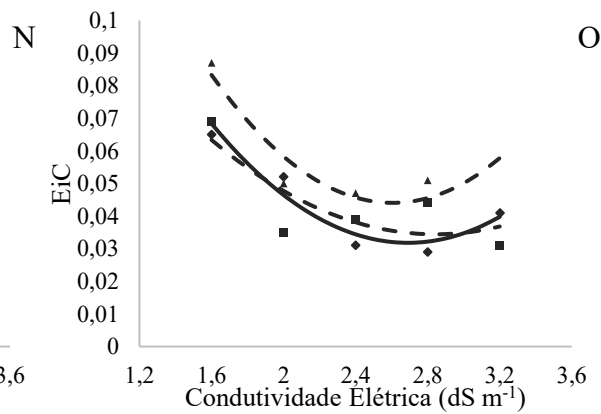
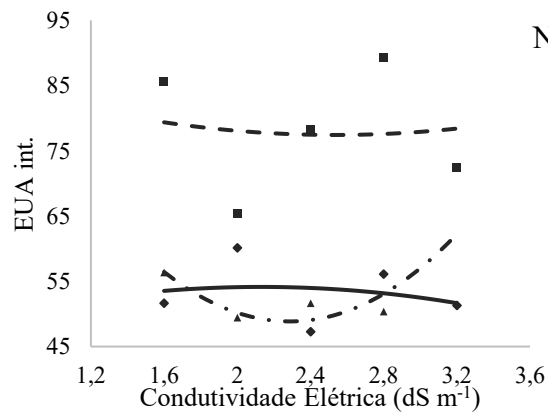
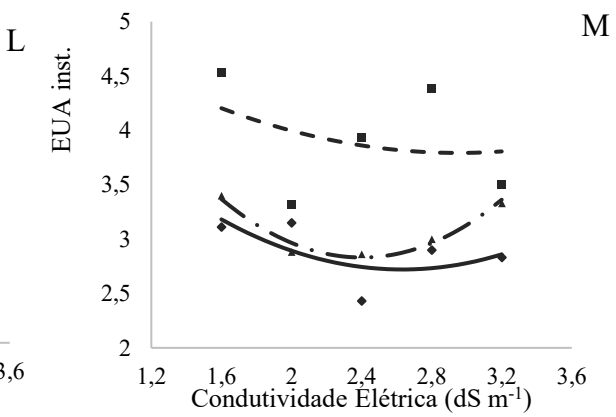
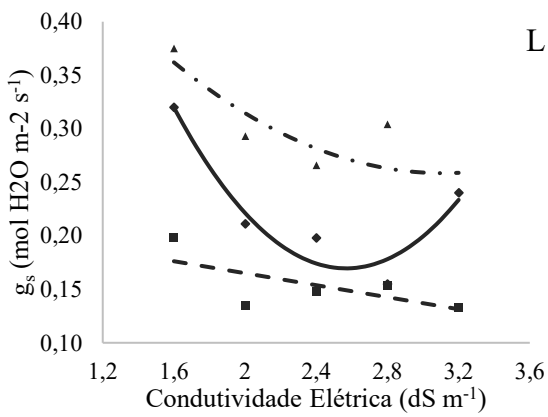
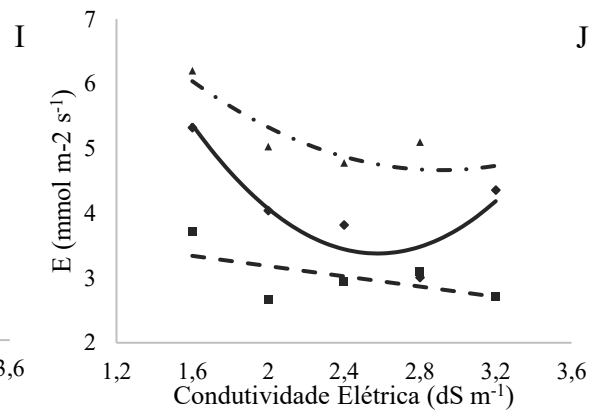
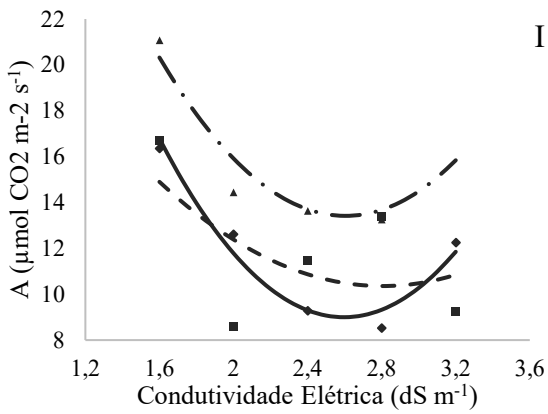
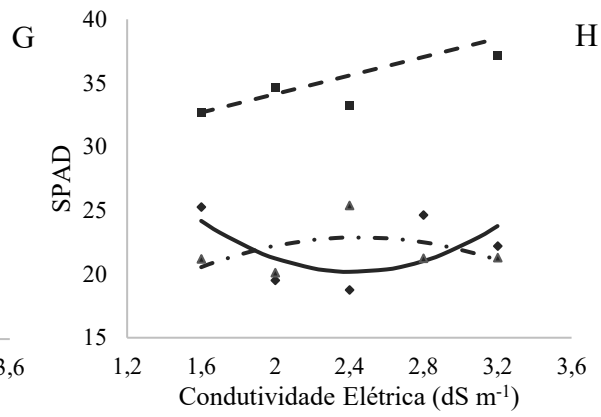
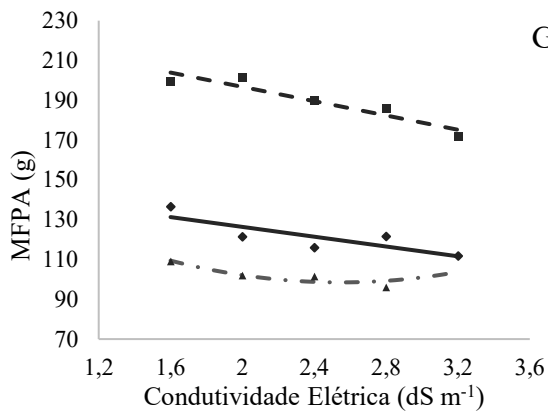
A EUA int. demonstrou a importância da variação de g_s na capacidade fotossintética. Em estresse salino, altos valores desta variável indicam que a planta obtém alta A , mesmo com fechamento estomático, caracterizando genótipos mais tolerantes (ACOSTA-MOTOS et al., 2017). Já a EiC representa a capacidade de fixação de CO_2 . A redução observada neste estudo pode significar o maior acúmulo de carbono no mesófilo foliar enquanto ocorre decréscimo de

A, correspondendo no comprometimento do sistema fotossintético, conforme descrito por Silva et al. (2021).

Comparando-se os resultados em todas as variáveis, verificou-se que a salinidade da solução nutritiva afetou todas as cultivares com efeito mais negativo para ‘Moana’.

Figura 3 – AF (A); NF (B); DC (C); FS (D); MSF (E); MSC (F); MFPA (G); SPAD (H); *A* (I); *E* (J); g_s (L); EUA inst.(M); EUA int. (N) e EiC (O) em função de cinco níveis de condutividade elétrica (1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2) e três cultivares de alface (Lucy Brown, Moana e Grand Rapids).

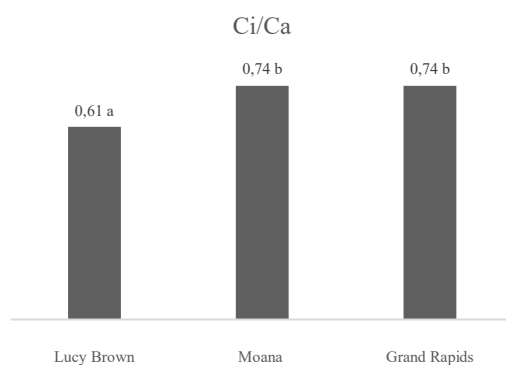




Variáveis	Lucy Brown - - - ■	Moana ——— ◆	Grand Rapids - - - ▲
AF	= -1102.6784315+3214.6394304X - 604.6655709X ² (R ² =67,65%; PMET= 2,66; 3169,89)	= 1845.0846021+512.2014352X-166.8798717X ² (R ² =86,12%; PMET= 1,53; 2238,11)	ns
NF	=21.3333333-1.1666667X (R ² = 48,76%)	ns	ns
FS	=117.2329057-64.7389156X+14.6769151X ² (R ² =80,25%; PME T= 2,21; 45,84)	ns	ns
DC	=25.6056667-2.3020833X (R ² =80,30%)	ns	ns
MSF	=12.859739-4.2370831X+ 0.9521795X ² (R ² =19,11%; PMET= 2,22; 8,15)	=5.18+0.4833333X (R=85,75%)	ns
MSC	=0.8832-0.094125X(R ² =76,83%)	=1.1391029-0.7166837X+ 0.1467658X ² (R ² =68,72%; PMET= 2,44; 0,26)	ns
MFPA	=232.6566667-17.9625X (R ² =88,75%)	=150.9966667-12.3125X (R ² =69,04%)	ns
SPAD	=26.8666667+3.633333X (R ² =54,28%)	=54.9551771-28.7307782X+ 5.9325597X ² (R ² =37,07%; PMET = 2,42; 20,17)	=3.5658454+15.7425935X-3.2082296X ² (R ² =23,18%; PMET = 2,45; 22,88)
A	=34.9790903-17.5573612X+ 3.1299079X ² (R ² =31,58%; PMET = 2,80; 10,36)	=61.8279585-40.6919863X+ 7.8356402X ² (R ² =95,74%; PMET = 2,60; 9,00)	=59.8125294-35.623475X+6.8380981X ² (R ² =83,51%; PMET = 2,60; 13,42)
E	=3.9744926-0.3951226X (R ² =34,45%)	=17.2007096-10.7269958X+2.0812591x ² (R ² =85,83%; PMET = 2,58; 3,38)	=11.4380969-4.6527237X+ 0.7991749x ² (R ² =79,30%; PMET = 2,40; 4,67)
g _s	=0.2210205-0.0280063X (R ² =45,20%)	=1.2265996-0.8232024X+ 0.1602692 (R ² =91,82%; PMET = 2,57; 0,17)	=0.6960122-0.2808768X+ 0.0450773X ² (R ² =71,77%; PMET = 3,12; 0,26)
EUA inst.	ns	ns	=7.6474364-4.0104267X+ 0.8348205X ² (R ² =95,11%; PMET = 2,40; 2,83)
EUA int.	ns	ns	=132.8001194-73.3928654X +16.0416164X ² (R ² =87,86%; PMET = 2,29; 48,85)
EiC	=0.1857906-0.1064814X+0.0187263X ² (R ² =64,16%; PMET = 2,84; 0,034)	=0.254099-0.1652084X+ 0.0306962X ² (R ² =92,92%; PMET = 2,69; 0,032)	=0.3074398-0.2021819X+ 0.038801X ² (R ² =87,91%; PMET = 2,61; 0,044)

PMET: ponto de máxima ou mínima eficiência técnica *não significativo

Figura 4 – Ci/Ca das cultivares de alface Lucy Brown, Moana e Grand Rapids.



*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Turkey.

5.2 Efeitos dos mitigadores de salinidade.

Foram obtidos efeitos significativos dos mitigadores apenas para as variáveis morfológicas AF e NF, e, para todas as variáveis fisiológicas, com exceção de C_i/C_a e EUA int. (Apêndice 5, 6, 7 e 8). A testemunha apresentou as maiores médias em todas para A , E , g_s e EiC , bem como para AF, NF e EUA inst., mas nestas três últimas variáveis suas médias não diferiram estatisticamente dos tratamentos Codasal® e Radimax+®; composto e Codasal®, respectivamente (Tabela 9).

Para AF, a testemunha, Codasal® e Radimax+®, apresentaram as maiores médias, diferente do que houve para o NF em que a testemunha juntamente com composto teve superioridade (Tabela 2). Mesmo as plantas reduzindo a AF para ajustar-se à demanda evaporativa, esta também pode ser ocasionada pelo estresse salino, o qual dificulta a absorção de água pelas plantas ocasionando a diminuição da extensão celular (ADHIKARI et al, 2019; FORMISANO et al., 2021). O composto não diferiu estatisticamente quando comparado à testemunha em relação à NF, apresentando uma pequena redução de 5,6%, enquanto o Codasal® e Radimax+® obtiveram os menores valores com reduções de 9% e 9,6%.

Tabela 2 – AF, NF, A , E , g_s , EUA inst. E EiC obtidos com a testemunha, Codasal®, Radimax+® e composto.

Tratamento	AF	NF	A	E	g_s	EUA inst.	EiC
Testemunha	1841,829 a	18,8 a	16,804 a	7,080 a	0,337 a	2,478 a	0,060 a
Codasal®	1791,059 ab	17,1 b	12,375 b	4,927 b	0,199 b	2,476 a	0,044 b
Radimax+®	1725,604 ab	17,0 b	9,319 c	5,425 b	0,224 b	2,134 b	0,030 c
Composto	1552,023 b	17,7 ab	6,911 d	3,663 c	0,135 c	1,870 b	0,024 c

*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Turkey.

Houve diferença significativa entre todas as médias para a variável A . A aplicação dos mitigadores de salinidade reduziu esta em 26,4%, 44,5% e 58,9% para o Codasal®, Radimax+® e composto, respectivamente. Em relação à variável E , Codasal® e Radimax+® não diferiram estatisticamente entre si. Reduções de 26,4% e 33,5% foram observadas quando comparadas à testemunha. Os dados obtidos com a utilização de composto apresentaram diferenças significativas aos demais tratamentos e à testemunha, apresentando redução de 48,3% quando

comparada a esta. No que se refere à g_s , Codasal[®] e Radimax+[®] não diferiram estatisticamente entre si, apresentando reduções de 40,9% e 33,5% quando comparados à testemunha. A utilização de composto gerou redução de 41,05% quando comparado a esta, diferindo significativamente dos demais. Independentemente destas, a massa fresca da parte aérea, parâmetro comercial da alface, não foi afetada.

O produto Codasal[®] não diferiu estatisticamente da testemunha enquanto Radimax+[®] e o composto também não diferiram entre si em relação à EUA inst. Reduções de 0,08%, 13,8% e 24,5% foram observadas para o Codasal[®], Radimax+[®] e composto quando comparados com a testemunha. Houve diferença significativa entre todas as médias para a variável EiC. A aplicação dos tratamentos reduziu esta em 26,6%, 50% e 60% para o Codasal[®], Radimax+[®] e composto, respectivamente.

Sendo o estômato a principal entrada de CO₂ e saída de H₂O na planta, uma redução em g_s provoca diminuição em A e E (TAIZ et al., 2017), fato observado em todos os tratamentos. No produto Codasal[®], a redução destas não seguiu a mesma intensidade nos demais mitigadores de salinidade. Ao passo que em Radimax+[®] e no composto a diminuição na g_s ocasionou reduções das mesmas proporções, ou maiores, em A e E , no Codasal[®], estas foram menores.

Com a redução das trocas gasosas observada nos tratamentos há diminuição do consumo de água, responsável pelo transporte de íons tóxicos para dentro da planta. Com a redução na g_s e conseqüente diminuição na E , este também fica limitado (AMITRANO et al., 2021; SILVA et al., 2021) mesmo com a alta temperatura registrada durante o experimento. Isso pode ter contribuído para um aumento da temperatura das folhas uma vez que esta é usada como um meio para se refrescarem. Segundo Acosta-Motos et al. (2017), a transpiração pode ser realizada através da cutícula quando o estômato está fechado aumentando a temperatura, assim temos uma redução no crescimento da planta devido a limitação da fotossíntese, com a planta consumindo seus foto assimilados, o que pode ser verificado neste estudo com a redução na AF.

Ao analisarmos as leituras da CE dos líquidos drenados, a salinidade aumenta gradativamente com o tempo e com o tratamento (Figura 5). Em ordem crescente de acordo com o nível da salinidade apresentado temos a testemunha, com o menor nível, seguida pelos produtos Codasal[®], Radimax+[®] e o composto, como maior nível de CE no líquido lixiviado. Resultados parecidos foram obtidos por Zhu et al., (2021) que verificaram redução de sais no solo com o uso combinado de biofertilizantes e condicionares de solo.

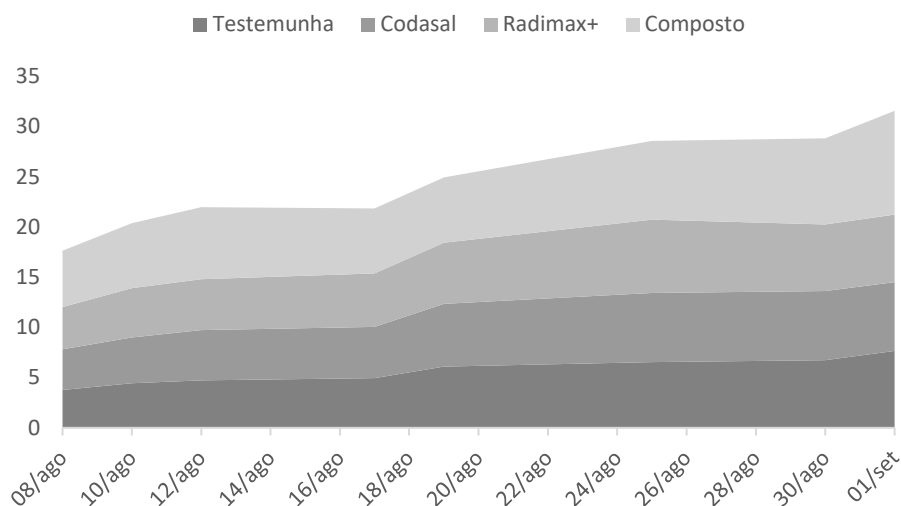
De acordo com Li et al., (2019), o teor de sais está relacionado com a CE. Portanto, o seu aumento no valor do drenado indica maior lixiviação de sais nos tratamentos quando

comparados com à testemunha. Apesar de o trabalho de Ahmed et al., (2019) demonstrar que o acúmulo de sais provoca reduções nos parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas, o aumento na lixiviação de sais nos tratamentos aplicados não indicou melhoria nas variáveis, exigindo análise química nas plantas a fim de descobrir a causa deste resultado, dado que o excesso de sais pode ocasionar redução na síntese de proteínas relacionadas à atividade fotossintética (ARAÚJO et al., 2021).

O produto Codasal[®], tem como constituinte principal cálcio complexado que é utilizado no controle da salinização do solo e da água, segundo o fabricante. Na Figura 5, verificou-se que a lixiviação de sais foi maior do que na testemunha, comprovando a sua eficiência na remoção de sais do substrato. Por outro lado, apesar do Radimax+[®], ser um fertilizante destinado para melhoria do enraizamento das culturas, segundo o fabricante, este também apresentou boa capacidade em reduzir o acúmulo de sais. O composto de bagana de carnaúba + cama de frango reduziu de maneira significativa a AF e as variáveis fisiológicas da alface, apesar de ser o tratamento a apresentar a maior lixiviação de sais. De acordo com Morais et al. (2018), a cama de frango é material muito salino, mesmo após curtido, com alto teor de nutrientes, o que pode ter intensificado o estresse da planta, comprovado pelos valores obtidos com a lixiviação de sais. O alto teor de nitrogênio encontrado em compostos que utilizem esterco animal, por exemplo, pode ocasionar a salinidade e problemas ambientais quando não absorvido pelas plantas (LI et al., 2019). O uso de composto é frequentemente utilizado como uma alternativa sustentável na melhoria da qualidade do solo e como fonte de nutrientes.

O cálcio, presente no Codasal[®] e, geralmente, encontrado em compostos orgânicos, participa tanto do metabolismo da planta, especialmente na divisão e crescimento celular, quanto na estrutura, sendo encontrado na composição da membrana e promovendo a resistência da parede celular (BEZERRA et al., 2021; SOUZA et al., 2021). A absorção deste mineral pelas plantas é afetada negativamente quando há excesso do sal NaCl, causando distúrbios na planta. A existência deste nos tratamentos pode diminuir a absorção de sódio pelas plantas uma vez em que há a competição de Ca²⁺ com Na⁺ pelos mesmos sítios de absorção, o que provavelmente contribuiu para a manutenção da massa seca das plantas mesmo com a redução dos parâmetros fisiológicos.

Figura 5 – Condutividade elétrica do drenado coletado da Testemunha, Codasal[®], Radimax+[®] e Composto em alface em cultivo semi-hidropônico. Fortaleza, Ceará, 2023.



Fonte: a autora (2023).

Todas as plantas apresentaram características do acúmulo de sais nas folhas (Figura 2), mas devida à ausência de escala de severidade na literatura, não é possível quantificar a diferença entre os tratamentos.

6. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que diferentes cultivares de uma mesma espécie comportam-se distintamente quando submetidas às mesmas condições estressantes. Dentre as três analisadas, a ‘Moana’ apresentou-se a mais sensível a salinidade. O uso de diferentes mitigadores de salinidade reduziu a maioria dos parâmetros fisiológicos e morfológicos apesar de preservar a matéria fresca da parte aérea, importante característica comercial, não sendo indicados como alternativa para o controle da salinidade em substratos quando utilizados da mesma maneira que no cultivo convencional.

7. REFERÊNCIAS

ACOSTA-MOTOS, J.; ORTUÑO, M.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.; HERNANDEZ, J.. Plant Responses to Salt Stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 18, 23 fev. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy7010018>.

ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA, K.; SOWIŃSKI, J.; JAMROZ, E.; BEKIER, J. Compost from willow biomass (*Salix viminalis* L.) as a horticultural substrate alternative to peat in the production of vegetable transplants. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-14, 21 out. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-22406-7>.

ADHIKARI, N. D.; SIMKO, I.; MOU, B. Phenomic and Physiological Analysis of Salinity Effects on Lettuce. **Sensors**, [S.L.], v. 19, n. 21, p. 4814, 5 nov. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s19214814>.

AHMED, S.; AHMED, S.; ROY, S. K.; WOO, S. H.; SONAWANE, K. D.; SHOHAEL, A. M. Effect of salinity on the morphological, physiological and biochemical properties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Bangladesh. **Open Agriculture**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 361-373, 1 jan. 2019. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/opag-2019-0033>.

AHMED, H. A.; TONG, Y.; LI, L.; SAHARI, S. Q.; ALMOGAHED, A. M.; CHENG, R. Integrative Effects of CO₂ Concentration, Illumination Intensity and Air Speed on the Growth, Gas Exchange and Light Use Efficiency of Lettuce Plants Grown under Artificial Lighting. **Horticulturae**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 270, 20 mar. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae8030270>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407-427, 2013.

AMITRANO, C.; ROUPHAEL, Y.; PANNICO, A.; PASCALE, S. de; MICCO, V. de. Reducing the Evaporative Demand Improves Photosynthesis and Water Use Efficiency of Indoor Cultivated Lettuce. **Agronomy**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 1396, 12 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11071396>.

ARAÚJO, G. dos S.; LOPES, L. de S.; PAULA-MARINHO, S. de O.; MESQUITA, R. O.; NAGANO, C. S.; VASCONCELOS, F. R.; CARVALHO, H. H. de; MOURA, A. de A. A. N.; MARQUES, E. C.; GOMES-FILHO, E. H₂O₂ priming induces proteomic responses to defense against salt stress in maize. **Plant Molecular Biology**, [S.L.], v. 106, n. 1-2, p. 33-48, 17 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11103-021-01127-x>.

ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: an omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology And Biochemistry**, [S.L.], v. 156, p. 64-77, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>.

ASHFAQUE, F.; INAM, A. Interactive effect of potassium and flyash: a soil conditioner on metal accumulation, physiological and biochemical traits of mustard (*brassica juncea* l.). **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 26, n. 8, p. 7847-7862, 24 jan. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04243-w>.

BENOS, L.; TSAOPOULOS, D.; BOCHTIS, D. A Review on Ergonomics in Agriculture. Part I: manual operations. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1905, 11 mar. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app10061905>.

BEZERRA, M. A. F.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, F. F. de; SILVA, A. R. Calcium in the mineral nutrition of yellow passion fruit cultivated in lined pits and with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 256-263, abr. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p256-263>.

BREŚ, W.; KLEIBER, T.; MARKIEWICZ, B.; MIELOSZYK, E.; MIELOCH, M.. The Effect of NaCl Stress on the Response of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 244, 19 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12020244>.

BUEHLER, D.; JUNGE, R. Global Trends and Current Status of Commercial Urban Rooftop Farming. **Sustainability**, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 1108, 29 out. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su8111108>.

CARILLO, P.; GIORDANO, M.; RAIMONDI, G.; NAPOLITANO, F.; STASIO, E. di; KYRIACOU, M. C.; SIFOLA, M. I. ROUPHAEL, Y. Physiological and Nutraceutical Quality of Green and Red Pigmented Lettuce in Response to NaCl Concentration in Two Successive Harvests. **Agronomy**, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 1358, 10 set. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10091358>.

CARILLO, P.; SOTERIOU, G. A.; KYRIACOU, M. C.; GIORDANO, M.; RAIMONDI, G.; NAPOLITANO, F.; STASIO, E. di; MOLA, I. di; MORI, M.; ROUPHAEL, Y. Regulated Salinity Eustress in a Floating Hydroponic Module of Sequentially Harvested Lettuce Modulates Phytochemical Constitution, Plant Resilience, and Post-Harvest Nutraceutical Quality. **Agronomy**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1040, 22 maio 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11061040>.

COELLO, B. S.; MESA, D. R. Physical Properties of the Canary Islands' Volcanic Pyroclastic Materials as Horticultural Substrates. **Horticulturae**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 414, 23 mar. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9040414>.

CONVERSA, G.; BONASIA, A.; LAZZIZERA, C.; ELIA, A. Soilless Cultivation System, Electrical Conductivity of Nutrient Solution, and Growing Season on Yield and Quality of Baby-Leaf Oak-Leaf Lettuce. **Agronomy**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1220, 15 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11061220>.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013

EAVES, J.; EAVES, S.. Comparing the Profitability of a Greenhouse to a Vertical Farm in Quebec. **Canadian Journal Of Agricultural Economics/Revue Canadienne D'Agroéconomie**, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 43-54, 23 nov. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cjag.12161>.

FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF. 2021. América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias. Santiago de Chile, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7497es>

FORMISANO, L.; CIRIELLO, M.; CIRILLO, V.; PANNICO, A.; EL-NAKHEL, C.; CRISTOFANO, F.; DURÌ, L. G.; GIORDANO, M.; ROUPHAEL, Y.; PASCALE, S. de. Divergent Leaf Morpho-Physiological and Anatomical Adaptations of Four Lettuce Cultivars in Response to Different Greenhouse Irradiance Levels in Early Summer Season. **Plants**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1179, 9 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants10061179>.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim técnico, 168).

GIORDANO, M.; PETROPOULOS, S. A.; ROUPHAEL, Y. Response and Defence Mechanisms of Vegetable Crops against Drought, Heat and Salinity Stress. **Agriculture**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 463, 19 maio 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture11050463>.

GUMISIRIZA, M. S.; KABIRIZI, J. M.L.; MUGERWA, M.; ANDAKIDEMI, P.; MBEGA, E. R. Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania. **Environmental Challenges**, [S.L.], v. 6, p. 100413, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envc.2021.100413>.

JURGA, A.; PACAK, A.; PANDELIDIS, D.; KAŮMIERCZAK, B. A Long-Term Analysis of the Possibility of Water Recovery for Hydroponic Lettuce Irrigation in an Indoor Vertical Farm. Part 2: rainwater harvesting. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 310, 30 dez. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app11010310>.

KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J. C.; MOU, B.; WATERLAND, N. L.. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 49, p. 19-34, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>.

KURNIK-ŁUCKA, M.; GROŃSKA, D.; WOJNARSKI, M.; PASIEKA, P.; RZĄSA-DURAN, E.; GIL, K. Health-Related Quality of Life in Relation to Fruit and Vegetable Intake among Polish Pharmacists. **Healthcare**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 930, 18 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare10050930>.

KURUNC, A. Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 101, n. 13, p. 5688-5696, 12 abr. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.11223>.

LAL, R. Feeding 11 billion on 0.5 billion hectare of area under cereal crops. **Food And Energy Security**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 239-251, nov. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/fes3.99>.

LEITE, R. da C.; LUCHETA, A. R.; HOLANDA, R. B.; SILVA, P. M. P.; CARMO, A. L. V. do; LEITE, R. da C.; MELO, C. C. A. de; COSTA, R. V. da; MONTINI, M.; FERNANDES, A. R. Bauxite residue valorization — Soil conditioners production through composting with palm oil mill residual biomass. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 835, p. 155413, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155413>.

LEMOS NETO, H. de S.; GUIMARÃES, M. de A.; MESQUITA, R. O.; FREITAS, W. E. S.; OLIVEIRA, A. B. de; DIAS, N. da S.; GOMES-FILHO, E. Silicon Supplementation Induces Physiological and Biochemical Changes That Assist Lettuce Salinity Tolerance. **Silicon**, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 4075-4089, 23 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12633-020-00715-8>.

LERMA, T. A.; PALENCIA, M.; COMBATT, E. M.. Soil polymer conditioner based on montmorillonite-poly(acrylic acid) composites. **Journal Of Applied Polymer Science**, [S.L.], v. 135, n. 18, p. 46211, 17 jan. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/app.46211>.

LI, Y.; RAO, P.; WANG, J.; SONG, S.; WANG, R.; LIU, S.; CHE, L.. Study on preparation and application of a multifunctional microspheric soil conditioner based on Arabic gum, gelatin, chitosan and β -cyclodextrin. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 183, p. 1851-1860, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.205>.

LI, J.; XU, Y.; LIU, H.. Variations of soil quality from continuously planting greenhouses in North China. **International Journal Of Agricultural And Biological Engineering**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 139-145, 2019. International Journal of Agricultural and Biological Engineering (IJABE). <http://dx.doi.org/10.25165/j.ijabe.20191201.4092>.

LIU, C J; DUAN, Y L; JIN, R Z; HAN, Y y; HAO, J H; FAN, S X. Spent mushroom substrates as component of growing media for lettuce seedlings. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 185, p. 012016, 30 ago. 2018. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/185/1/012016>.

LIU, Y.; YAN, M.; NA, K.; HWANG, J.; SHIN, S.; YIN, L.; DENG, X.; WANG, S. The New Soil Conditioner DewEco Could Improve Sandy Soil's Properties for Efficient Maize Growth. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 1124, 6 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12051124>.

MANASA, M.R.K.; KATUKURI, N. R.; NAIR, S. S. D.; HAOJIE, Y.; YANG, Z.; GUO, R. B.. Role of biochar and organic substrates in enhancing the functional characteristics and microbial community in a saline soil. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 269, p. 110737, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110737>.

MANOS, D.; XYDIS, G. Hydroponics: are we moving towards that direction only because of the environment? a discussion on forecasting and a systems review. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 26, n. 13, p. 12662-12672, 27 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04933-5>.

MARSICO, A. di; SCRANO, L.; AMATO, M.; GÀMIZ, B.; REAL, M.; COX, L.. Mucilage from seeds of chia (*Salvia hispanica* L.) used as soil conditioner; effects on the sorption-desorption of four herbicides in three different soils. **Science Of The Total Environment**,

[S.L.], v. 625, p. 531-538, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.078>.

MEDEIROS, P. R. F. de *et al.* Salinidade em ambiente protegido. In: Gheyi, H. R. *et al* (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 9. p. 138-147.

MIRANDA, R. de S.; SOUZA, F. I. L. de; ALVES, A. F.; SOUZA, R. R. de; MESQUITA, R. O.; RIBEIRO, M. I. D.; SANTANA-FILHO, J. A. de; GOMES-FILHO, E. Salt-Acclimation Physiological Mechanisms at the Vegetative Stage of Cowpea Genotypes in Soils from a Semiarid Region. **Journal Of Soil Science And Plant Nutrition**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 3530-3543, 6 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42729-021-00625-7>

MORAIS, I. B.; FERNANDES, C. M.; CARVALHO, L. R. de; LIMA JUNIOR, A. F. de; MOREIRA, J. M. M.; SILVA, A. P. da; BARBUIO, R.; ROSA, J. Q. S. Desenvolvimento de mudas de alface em função de substratos alternativos. **Pubvet**, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 1-5, ago. 2018. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v12n8a150.1-5>.

NIU, G.; SUN, Y.; MASABNI, J. Impact of Low and Moderate Salinity Water on Plant Performance of Leafy Vegetables in a Recirculating NFT System. **Horticulturae**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 6, 10 mar. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae4010006>.

OVALLE, J. F.; ARELLANO, E. C.; GINOCCHIO, R.; BECERRA, P. Fertilizer location modifies root zone salinity, root morphology, and water-stress resistance of tree seedlings according to the watering regime in a dryland reforestation. **Journal Of Plant Nutrition And Soil Science**, [S.L.], v. 179, n. 2, p. 223-233, fev. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.201500181>.

PACE, B.; CAPOTORTO, I.; GONNELLA, M.; BARUZZI, F.; CEFOLA, M. Influence of soil and soilless agricultural growing system on postharvest quality of three ready-to-use multi-leaf lettuce cultivars. **Advances In Horticultural Science**, [S.L.], p. 353-362, 21 maio 2018. Advances in Horticultural Science. <http://dx.doi.org/10.13128/AHS-21927>.

PANAGEA, I. S.; DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; SCHWILCH, G.. Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): a participatory approach. **Solid Earth**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 177-190, 3 fev. 2016. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/se-7-177-2016>.

RAHMAN, J.; CHAUDHERRY, R. A.; BEGUM, P.; QUAMRUZZAMAN, M.; ZAKIA, M. Z.; RAIHAN, A. Growth and Yield of Hydroponic Lettuce as Influenced by Different Growing Substrates. **Azarian Journal Of Agriculture**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 215-220, 1 fev. 2019. CMV Verlag. <http://dx.doi.org/10.29252/azarinj.001>.

RAMOS-SOTELO, H.; VALDEZ-ORTIZ, A.; GERMÁN-BÁEZ, L. J.; FIERRO-SAÑUDO, J. F.; LEÓN-CAÑEDO, J. A.; ALARCÓN-SILVAS, S. G.; REYES-MORENO, C.; PÁEZ-OSUNA, F. Quality of lettuce *Lactuca sativa* (var. Tropicana M1) grown with two low-salinity shrimp effluents. **Food Chemistry: X**, [S.L.], v. 2, p. 100027, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100027>

ROUPHAEL, Y.; CORRADO, G.; COLLA, G.; PASCALE, S. de; DELL'AVERSANA, E.; D'AMELIA, L. I.; FUSCO, G. M.; CARILLO, P. Biostimulation as a Means for Optimizing Fruit Phytochemical Content and Functional Quality of Tomato Landraces of the San Marzano Area. **Foods**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 926, 23 abr. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods10050926>.

ROUPHAEL, Y.; PETROPOULOS, S. A.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.. Salinity as eustressor for enhancing quality of vegetables. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 234, p. 361-369, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.048>.

SAMBO, P.; NICOLETTO, C.; GIRO, A.; PII, Y.; VALENTINUZZI, F.; MIMMO, T.; LUGLI, P.; ORZES, G.; MAZZETTO, F.; ASTOLFI, S. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: issues and opportunities in a smart agriculture perspective. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, p. 1-17, 24 jul. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>.

SHAMSHIRI, R. R.; KALANTARI, F.; TING, K. C.; THORP, K. R.; HAMEED, I. A.; WELTZIEN, C.; AHMAD, D.; SHAD, Z. M. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: a transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal Of Agricultural And Biological Engineering*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-22, 2018. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering (IJABE)*. <http://dx.doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3210>.

SHIN, Y. K.; BHANDARI, S. R.; JO, J. S.; SONG, J. W.; CHO, M. C.; YANG, E. Y.; LEE, J. G. Response to Salt Stress in Lettuce: changes in chlorophyll fluorescence parameters, phytochemical contents, and antioxidant activities. **Agronomy**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 1627, 22 out. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10111627>.

SILVA, J. de S.; COSTA, R. S. da; TOMAZ, F. L. de S.; BEZERRA, A. E.; MESQUITA, R. O. Mechanisms of tolerance to water deficit and physiological responses to rehydration in cowpea. **Revista Ciência Agronômica**, [S.L.], v. 52, n. 3, p. 1-10, 2021. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20210034>.

SOARES, H. R. e; SILVA, Ê. F. de F. e; SILVA, G. F. da; LIRA, R. M. de; BEZERRA, R. R. MINERAL Nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 656-664, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n316rc>.

SOUZA, F. E. C. de; NATALE, .; BRAGA, M. de M.; MESQUITA, R. O.; COSTA, R. S. da. Growth and accumulation of nutrients in papaya tree seedlings grown on organic substrates. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 68, n. 4, p. 267-275, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x202168040003>.

SOUZA, P. F. de; BORGHEZAN, M.; ZAPPELINI, J.; CARVALHO, L. R. de; REE, J.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L.; PESCADOR, R. Physiological differences of 'Crocantela' lettuce cultivated in conventional and hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 101-105, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620190116>.

SUBIN, M C; LOURENCE, J. S.; KARTHIKEYAN, R.; PERIASAMY, C. Analysis of materials used for Greenhouse roof covering - structure using CFD. Iop Conference Series: Materials Science and Engineering, [S.L.], v. 346, p. 1-15, abr. 2018. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/346/1/012068>

TAIZ L.; ZEIGER E.; MØLLER IM.; MURPHY A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre, Artmed, 2017.

WANG, D.; HAYASHI, Y.; ENOKI, T.; NAKAHARA, K.; ARITA, T.; HIGASHI, Y.; KUNO, Y.; TERAZAWA, T.; NAMIHIRA, T.. Influence of Pulsed Electric Fields on Photosynthesis in Light/Dark-Acclimated Lettuce. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 173, 11 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12010173>.

YU, X.; ZHANG, Y.; SHEN, M.; DONG, S.; ZHANG, F.; GAO, Q.; HE, P.; SHEN, G.; YANG, J.; WANG, Z.. Soil Conditioner Affects Tobacco Rhizosphere Soil Microecology. **Microbial Ecology**, [S.L.] 21 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-022-02030-8>.

ZAWADZIŃSKA, A.; SALACHNA, P.; NOWAK, J. S.; KOWALCZYK, W.; PIECHOCKI, R.; ŁOPUSIEWICZ, Ł.; PIETRAK, A.. Compost Based on Pulp and Paper Mill Sludge, Fruit-Vegetable Waste, Mushroom Spent Substrate and Rye Straw Improves Yield and Nutritional Value of Tomato. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 13, 22 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12010013>.

ZHU, L.; JIA, X.; LI, M.; WANG, Y.; ZHANG, J.; HOU, J.; WANG, X. Associative effectiveness of bio-organic fertilizer and soil conditioners derived from the fermentation of food waste applied to greenhouse saline soil in Shan Dong Province, China. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 167, p. 104006, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104006>.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L. M. A. da; SILVA, R. L. da; MENEZES, K. O. de. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 145-153, abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663020005>.

APÊNDICE 1 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: área foliar (AF em cm²), número de folhas, diâmetro do caule (DC em mm) e folhas com sintomas (FS, em %).

Causas de variação	GL	QM			
		AF	NF	FS	DC
Blocos	5	41593,836*	4,473**	117,149**	1,254 ^{ns}
CE	4	154794,967**	9,372**	196,336**	5,535 ^{ns}
Cultivar	2	18688367,227**	125,100**	2409,048**	307,369**
Cultivar X CE	8	375895,678**	3,864**	77,447*	11,129**
Resíduo	70	14009,647	1,388	35,358	3,748
Média geral	-	2118,898	16,233	47,234	16,401
CV (%)	-	5,586	7,256	12,588	11,804

** Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro, * significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.

APÊNDICE 2 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: massa seca das folhas (MS em g), massa seca do caule (MSC em g), massa fresca (MFPA em g).

Causas de variação	GL	QM		
		MSF	MSC	MFPA
Blocos	5	0,99**	0,002 ^{ns}	542,33**
CE	4	3,38**	0,021**	957,01**
Cultivar	2	150,70**	1,585**	62706,25**
Cultivar X CE	8	0,96**	0,135**	291,08*
Resíduo	70	0,33	0,002	130,68
Média geral	-	6,273	0,396	137,88
CV (%)	-	9,11	13,513	8,29

** Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro, * significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.

APÊNDICE 3 - Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: SPAD, fotossíntese (A em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática (g_s em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Causas de variação	GL	QM			
		SPAD	A	E	g_s
Blocos	5	0,841 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,110 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
CE	4	1858,163**	134,828**	5,615**	0,0302**
Cultivar	2	38,449**	164,239**	33,222**	0,1516**
Cultivar X CE	8	48,199**	20,722**	1,075**	0,0060**
Resíduo	70	0,542	0,800	0,202	0,0008
Média geral	-	26,500	13,190	4,089	0,229
CV (%)	-	2,779	6,780	11,007	28,983

** Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro, * significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.

APÊNDICE 4 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância do experimento bifatorial (cultivar de alface X CE) no delineamento blocos ao acaso, para as variáveis: razão entre concentração interna e externa de CO₂ (Ci/Ca em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), eficiência instântanea do uso da água (EUA inst.), eficiência intrínseca do uso da água (EUA int.) e eficiência instântanea de carboxilação (EiC).

Causas de variação	GL	QM			
		Ci/Ca	EUA inst.	EUA int.	EiC
Blocos	5	0,003 ^{ns}	0,058 ^{ns}	30,036 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
CE	4	0,0003 ^{ns}	1,133 ^{**}	177,877 ^{ns}	0,0036 ^{**}
Cultivar	2	0,166 ^{**}	9,248 ^{**}	5982,393 ^{**}	0,00195 ^{**}
Cultivar X CE	8	0,002 ^{ns}	0,716 ^{**}	363,687 ^{**}	0,00032 ^{**}
Resíduo	70	0,003	0,175	88,658	0,0003
Média geral	-	0,705	3,305	61,888	0,0488
CV (%)	-	8,097	12,665	15,214	10,44

^{**} Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro, ^{*} significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.

APÊNDICE 5 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis AF, em cm²; NF; DC, em mm e MF, em g, do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.

Causas de variação	GL	QM			
		AF	NF	DC	MF
Blocos	9	199687,657**	3,455 ^{ns}	1,414*	105,016 ^{ns}
Tratamentos	3	159688,575**	6,833*	0,64 ^{ns}	247,947 ^{ns}
Resíduo	27	43624,069	1,759	0,596	84,097
Média geral	-	1727,628	17,65	12,602	135,824
CV (%)	-	12,089	7,514	6,128	6,751

* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro

APÊNDICE 6 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis MSF, em g; MSC, em g; SPAD e RAFE do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alfaca.

Causas de variação	GL	QM		
		MSF	MSC	SPAD
Blocos	9	4,856*	0,199**	3,386 ^{ns}
Tratamentos	3	0,33 ^{ns}	0,125 ^{ns}	9,11 ^{ns}
Resíduo	27	1,923	0,008	4,829
Média geral	-	7,31	0,383	20,505
CV (%)	-	18,972	23,44	10,717

* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro

APÊNDICE 7 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis *A*, em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; *E*, em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e g_s , em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.

Causas de variação	GL	QM		
		<i>A</i>	<i>E</i>	g_s
Blocos	5	1,719 ^{ns}	1,479 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamentos	3	109,251 ^{**}	12,002 ^{**}	0,042 ^{**}
Resíduo	15	1,408	0,552	0,001
Média geral	-	11,352	5,274	0,224
CV (%)	-	10,455	14,091	17,442

* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.

APÊNDICE 8 – Graus de Liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis Ci/Ca, em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$; EUA inst. em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$; EUA int. e EIC do experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com 4 tratamentos de condicionadores de solo na cultura da alface.

Causas de variação	GL	QM			
		Ci/Ca	EUA inst.	EUA int.	EIC
Blocos	5	0,005 ^{ns}	0,285 ^{ns}	302,982 ^{ns}	0,000039 ^{ns}
Tratamentos	3	0,005 ^{ns}	0,520*	300,704 ^{ns}	0,001539**
Resíduo	15	0,002	0,149	127,360	0,000055
Média geral	-	0,736	2,239	54,770	0,039
CV (%)	-	6,393	17,271	20,604	18,586

* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, ^{ns} não significativo em nível de % de probabilidade de erro.