



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



ANDRÉ LUCAS JANUÁRIO SILVA

**BIOESTIMULANTE EM PLANTAS E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE
Capsicum annuum L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

AREIA

2024

ANDRÉ LUCAS JANUÁRIO SILVA

**BIOESTIMULANTE EM PLANTAS E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE
Capsicum annuum L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

Trabalho de tese apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção de título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Agronomia Tropical. Linha de Pesquisa: Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas.

Professor Dr. Thiago Jardelino Dias

Orientador

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586b Silva, André Lucas Januário.

Bioestimulante em plantas e na qualidade
pós-colheita de *Capsicum annuum* L. submetidas ao
estresse salino / André Lucas Januário Silva. -
Areia:UFPB/CCA, 2024.

116 f. : il.

Orientação: Thiago Jardelino Dias.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Pimentão. 3. Estimulante vegetal.
4. Salinidade. 5. Qualidade do fruto. 6. Produção. I.
Dias, Thiago Jardelino. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

ANDRÉ LUCAS JANUÁRIO SILVA

**BIOESTIMULANTE EM PLANTAS E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE
Capsicum annuum L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

Trabalho de tese apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção de título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Agronomia Tropical. Linha de Pesquisa: Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas.

Aprovada em: 21/02/2024.



Documento assinado digitalmente

THIAGO JARDELINO DIAS
Data: 08/05/2024 09:08:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Thiago Jardelino Dias (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Documento assinado digitalmente

MONICA DANIELLY DE MELLO OLIVEIRA
Data: 08/05/2024 09:31:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Mônica Danielly de Mello Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Documento assinado digitalmente

JULIANE MACIEL HENSCHEL
Data: 01/05/2024 13:24:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Juliane Maciel Henschel
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Documento assinado digitalmente

VALERIA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA
Data: 01/05/2024 13:41:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Valéria Fernandes de Oliveira Sousa
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Documento assinado digitalmente

OTILIA RICARDO DE FARIAS
Data: 07/05/2024 20:07:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Otília Ricardo de Farias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos meus pais, Adenilton Alves Silva e Tânia Gláucia Januário Silva; Ao meu irmão
Altair Tayrone Januário Silva e à minha noiva Ranielly Rodrigues Moraes, que
depositaram suas confianças em mim, e que estiveram ao meu lado nessa importante
etapa da minha vida...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, Criador de todas as coisas, que sempre me concedeu saúde, paz, sabedoria e força de vontade para continuar a caminhada na luta pela realização dos meus sonhos.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado em Agronomia e por todo o conhecimento transmitido através do ensino e pesquisa nesse meio científico. A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo, fundamental para realização deste trabalho. À empresa Davida Group/Catalysis, por ter cedido o bioestimulante usado nesta pesquisa.

À minha Orientadora Professora Dra. Mônica Danielly de Mello, pela orientação, confiança e pela base para a condução deste experimento.

Às equipes dos laboratórios de Fruticultura, de Sementes (LASEM), de Fitopatologia (LAFIT) e de Matéria Orgânica do Solo (LabMOS) do CCA/UFPB e do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal (LEV) do CECA/UFAL por terem me dado todo suporte técnico para a análise e condução do meu experimento.

Aos amigos Cristian Bernardo, Caroline Marques, Jefferson Lopes, Jhulyanne Cristiny, Bruna Carla, Bruno Guirra, Auta Paulina, Francisco Eudes, João Paulo, Valéria Fernandes, Jussara Rêgo, Adiel Felipe, Magally Morgana, Maria Silvana, Hilderlande, Edcarlos e Robson Monteiro, por todo apoio técnico e também emocional nessa difícil jornada da pós-graduação.

Ao Sr. Josinaldo (Seu Josa), por todo o suporte e atenção no decorrer do experimento na casa de vegetação do viveiro de fruticultura.

Aos meus amigos do Prédio Lar Frei Damião: Francisco de Assys, Larissa Nelo, Evelyn Félix e Amanda Gabriela, pelo companheirismo do dia a dia, que foi essencial para a minha autoestima e convívio social.

A todos os professores do CCA que colaboraram para minha formação, exercendo o papel de verdadeiros mestres.

Enfim, a todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização dessa etapa da minha vida. Sem vocês, eu não conseguiria concluir esta importante etapa da minha vida. Agradeço a Deus por todas as experiências que tive ao lado de todos vocês!

“Tão boa é a sabedoria como a herança, e dela tiram proveito os que vêem o sol. Porque a sabedoria serve de defesa, como de defesa serve o dinheiro; mas a excelência do conhecimento é que a sabedoria dá vida ao seu possuidor”.

Eclesiastes 7: 11, 12.

SILVA, A. L. J. Bioestimulante em plantas e na qualidade pós-colheita de *Capsicum annuum* L. submetidas ao estresse salino. Areia-Paraíba: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Abr. 2024, 117p. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

RESUMO

O pimentão é uma hortaliça de grande importância socioeconômica mundial. Trata-se de uma das principais hortaliças produzidas no mundo devido à facilidade de cultivo em pequenas áreas e seu ciclo curto. O efeito da salinidade sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é um dos maiores problemas em regiões áridas e semiáridas, pois essas regiões apresentam um regime irregular de chuvas e elevada taxa de evaporação, com águas geralmente apresentando salinidade elevada, dessa forma, acarretando diminuição da produção agrícola e até a morte das plantas. Alternativas para minimizar os impactos do estresse salino em plantas envolvem a aplicação de bioestimulantes vegetais, que são substâncias naturais que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos. Em razão disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do bioestimulante na mitigação do estresse salino em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.). O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 5 x 3, sendo os fatores os níveis de salinidade (0,5, 1,5, 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e a aplicação do bioestimulante nas doses de 0, 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ de água destilada, com 5 repetições. Os parâmetros avaliados foram: crescimento, produtividade, trocas gasosas, conteúdo relativo de água na folha, índice de clorofilas, fluorescência de clorofila, acúmulo de matéria seca, osmorreguladores, enzimas antioxidantes, danos oxidativos e análises físico-químicas em pós-colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativo, os tratamentos com o bioestimulante foram submetidos ao teste de Tukey e as concentrações de salinidade à regressão. Os resultados mostraram que o aumento dos níveis salinos provocou alterações morfofisiológicas e bioquímicas nas plantas, porém a aplicação foliar semanal do bioestimulante aliviou os efeitos prejudiciais do estresse salino sobre as trocas gasosas, melhorou o equilíbrio do estado hídrico foliar, bem como auxiliou a manutenção dos pigmentos fotossintéticos, melhorando a capacidade antioxidante e o ajustamento osmótico, e consequentemente reduzindo os danos causados ao aparato fotossintético de plantas de pimentão sob estresse salino. Além disso, o bioestimulante melhorou o crescimento, o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade dos frutos de pimentão sob estas condições estressantes. Tanto a dose de 0,3 mL como a de 0,6 mL do bioestimulante mostraram ser eficientes na atenuação dos efeitos da salinidade nestas plantas. Portanto, o uso de bioestimulantes pode ser considerado uma estratégia promissora para a produção agrícola sustentável em regiões áridas e semiáridas.

Palavras-chave: pimentão; estimulante vegetal; salinidade; qualidade do fruto; produção.

SILVA, A. L. J. **Biostimulant in plants and post-harvest quality of *Capsicum annuum* L. subjected to saline stress.** Areia-Paraíba: Center for Agricultural Sciences, Federal University of Paraíba, Apr. 2024, 117p. Thesis (Doctorate in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy.

ABSTRACT

Peppers are a vegetable of great socio-economic importance worldwide. It is one of the main vegetables produced in the world due to its ease of cultivation in small areas and its short cycle. The effect of salinity on plant growth and development is one of the biggest problems in arid and semi-arid regions, as these regions have an irregular rainfall regime and a high evaporation rate, with water generally having high salinity, thus leading to a reduction in agricultural production and even the death of plants. Alternatives to minimize the impacts of saline stress on plants involve the application of plant biostimulants, which are natural substances that improve nutritional efficiency, responses to abiotic stresses, productivity and crop quality. The aim of this study was to evaluate the efficiency of biostimulants in mitigating salt stress in bell pepper plants (*Capsicum annuum* L.). The experiment was conducted in pots in a greenhouse, using a randomized block design, in a 5 x 3 factorial scheme, with the factors being salinity levels (0.5; 1.5; 2.5, 3.5 and 4.5 dS m⁻¹) and the application of the biostimulant in doses of 0, 0.3 and 0.6 mL L⁻¹ of distilled water, with 5 repetitions. The parameters evaluated were: growth, productivity, gas exchange, relative leaf water content, chlorophyll index, chlorophyll fluorescence, dry matter accumulation, osmoregulators, antioxidant enzymes, oxidative damage and post-harvest physical and chemical analysis. The data was subjected to analysis of variance using the F test and, when significant, the treatments with the biostimulant were subjected to the Tukey test and the salinity concentrations to regression. The results showed that increasing salinity levels caused morphological changes in the plants, but weekly foliar application of the biostimulant alleviated the harmful effects of salinity stress on gas exchange, improved the balance of leaf water status and helped maintain photosynthetic pigments, reducing the damage caused to the photosynthetic apparatus of bell pepper plants under salinity stress. In addition, the biostimulant improved the growth, development, productivity and fruit quality of peppers under these stressful conditions. Both the 0.3 mL and 0.6 mL doses of the biostimulant proved to be effective in mitigating the effects of salinity on these plants. Therefore, the use of biostimulants can be considered a promising strategy for sustainable agricultural production in arid and semi-arid regions.

Keywords: bell pepper; plant stimulant; salinity; fruit quality; production.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Dados de temperatura e umidade relativa do ar da casa de vegetação ocorridos durante o período de execução do experimento. 51
- Figura 2 - Acúmulo de matéria seca da folha (A), do caule (B), da raiz (C) e total (D) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade 59
- Figura 3 - Produtividade estimada (A), número de frutos (B) e peso dos frutos (C) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade. 61
- Figura 4 - Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C) e número de folhas (D) por plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade. 62
- Figura 5 - Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), Concentração intercelular de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), eficiência intrínseca (A/gs) e instantânea (A/E) do uso da água, eficiência de carboxilação instantânea (A/Ci) e conteúdo relativo de água (CRA%) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade. 64
- Figura 6 - Índice de clorofila *a* (A), *b* (B), total (C) e razão entre clorofila *a/b* (D) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si

pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.	66
Figura 7 - Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.	67
Figura 8 - Conteúdo relativo de água na folha (CRA%) de plantas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.....	68
Figura 9 - Conteúdo de proteínas solúveis totais (A), aminoácidos (B), prolina (C) e açúcares solúveis totais (D) de folhas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.	69
Figura 10 - Atividade de enzimas antioxidantes catalase (CAT, A) e ascorbato peroxidase (APX, B), conteúdo de malondialdeído (MDA, C) e extravasamento de eletrólitos (EL%, D) em folhas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.....	71
Figura 11- Dados de temperatura e umidade relativa do ar da casa de vegetação ocorridos durante o período de execução do experimento.	96
Figura 12 - Produtividade estimada (A), número de frutos (B) e peso dos frutos (C) de plantas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.	99

- Figura 13 - Diâmetros transversal (DTF, A) e longitudinal (DLF, B) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade. 100
- Figura 14 - Firmeza da polpa (A), conteúdo de ácido ascórbico (B), teor de sólidos solúveis (C), acidez titulável (D) e relação SS/AT (E) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante. 101
- Figura 15 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante. 103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do bioestimulante avaliado neste experimento, em g/100mL.	52
Tabela 2 - Análise física do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.....	53
Tabela 3 - Análise química do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.	53
Tabela 4 - Análise de salinidade do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.	53
Tabela 5 - Análise de salinidade da água de abastecimento utilizada no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.	55
Tabela 6 - Resumo do Teste f para os componentes de produção, medidas de trocas gasosas, índice de clorofilas e fluorescência da clorofila <i>a</i> , conteúdo relativo de água, extravasamento de eletrólitos, componentes orgânicos e atividade antioxidante de plantas de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de irrigação e doses do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas.	78
Tabela 7 - Resumo do Teste f para produtividade estimada, número, peso, diâmetro e características físico-químicas de frutos de <i>Capsicum annuum</i> L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de irrigação e doses do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas.	106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$^1\text{O}_2$ - Oxigênio singleto

A – Taxa de assimilação de CO_2

APX – Ascorbato peroxidase

A/C_i – Eficiência de carboxilação de CO_2

A/E – Eficiência instantânea do uso da água

A/g_s – Eficiência intrínseca do uso da água

CAT – Catalase

CE – Condutividade elétrica

C_i – Concentração intercelular de CO_2

CO_2 – Gás carbônico

CRA – Conteúdo Relativo de Água na folha

DAS – Dias após a semeadura

DAT – Dias após o transplântio

DNA – Ácido desoxirribonucleico

DLF – Diâmetro Longitudinal dos Frutos

DTF - Diâmetro Transversal dos Frutos

DPV – Déficit de Pressão de Vapor

E – Transpiração

EROs – Espécies Reativas de Oxigênio

F_v/F_m – Máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II

g_s – Condutância estomática

H_2O_2 - Peróxido de hidrogênio

ICF – Índice de Clorofila Falker

IRGA- *Infra Red Gas Analyzer*

NaCl – Cloreto de Sódio

O_2^- - Ânion superóxido

OH⁻ - Radical hidroxila

PHs – Hidrolisados de proteínas

MDA – Conteúdo de Malondialdeído

SOD – Superoxido-dismutase

TF – Temperatura foliar

VA – Viusid Agro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	18
2	HIPÓTESE.....	19
3	OBJETIVOS	19
3.1	OBJETIVO GERAL.....	19
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4	REFERENCIAL TEÓRICO	19
4.1	A CULTURA DO PIMENTÃO	19
4.2	IMPORTÂNCIA DA CULTURA.....	21
4.3	SALINIDADE	22
4.4	EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS	23
4.5	MECANISMOS DE TOLERÂNCIA DAS PLANTAS À SALINIDADE	25
4.5.1	Ajustamento osmótico e iônico	26
4.5.2	Indução de enzimas antioxidantes.....	27
4.6	UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA	29
4.6.1	Bioestimulante viusid agro®	30
	REFERÊNCIAS	33
	CAPÍTULO I	46
	RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE PLANTAS DE <i>Capsicum annuum</i> L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO E TRATADAS COM BIOESTIMULANTE	46
	RESUMO.....	47
	ABSTRACT	48
1	INTRODUÇÃO	49
2	MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL	51
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	51

2.3	PREPARO DO SOLO	52
2.4	AQUISIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL E EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO ...	53
2.5	ANÁLISES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO	55
2.6	ACÚMULO DE MATÉRIA SECA	55
2.7	TROCAS GASOSAS, FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E ÍNDICE DE CLOROFILAS	56
2.8	CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA (CRA%) E EXTRAVASAMENTO DE ELETROLITOS (EL%).....	56
2.9	EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES ORGÂNICOS	57
2.10	ATIVIDADE DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES.....	57
2.11	QUANTIFICAÇÃO DE PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS	58
2.12	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	58
3	RESULTADOS	58
3.1	EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE O ACÚMULO DE BIOMASSA, PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO EM PLANTAS DE PIMENTÃO ...	58
3.2	EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE AS TROCAS GASOSAS NO PIMENTÃO.....	63
3.3	EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE OS ÍNDICES DE CLOROFILA E FLUORESCÊNCIA DAS CLOROFILAS DE PLANTAS DE PIMENTÃO	66
3.4	EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE O CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA NA FOLHA E COMPONENTES ORGÂNICOS FOLIARES.....	67
4	DISCUSSÃO	72
5	CONCLUSÃO.....	77
6	MATERIAL SUPLEMENTAR	78
	REFERÊNCIAS	80
	CAPÍTULO II.....	91

RENDIMENTO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE <i>Capsicum annuum</i> L. SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO E TRATADOS COM BIOESTIMULANTE	91
RESUMO	92
ABSTRACT	93
1 INTRODUÇÃO	94
2 MATERIAL E MÉTODOS	95
2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL	95
2.2 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO	97
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS	98
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	98
3 RESULTADOS	99
3.1 EFEITO DAS CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS E DA APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE SOBRE OS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE	99
3.2 EFEITO DA APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO PIMENTÃO	101
4 DISCUSSÃO	103
5 CONCLUSÃO	105
6 MATERIAL SUPLEMENTAR	105
REFERÊNCIAS	107
7 CONCLUSÕES GERAIS	112
8 ANEXOS	113

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das principais hortaliças produzidas no mundo devido à facilidade de cultivo em pequenas áreas e seu ciclo curto (FAO, 2020). Apresenta grande capacidade de inserção e aceitação de mercado por suas qualidades organolépticas (GONZÁLEZ-GARCÍA et al. 2021), elevada quantidade de compostos bioativos (ESTRADA et al. 2020), e por ser fonte de cálcio (Ca), fósforo (P), ferro (Fe), vitaminas do complexo B e carotenoides (TRECHA et al. 2017). No Brasil, o pimentão está entre as dez mais importantes hortaliças cultivadas, sendo seus frutos consumidos na forma imatura ou madura, ou, ainda, utilizados na indústria alimentícia e na produção de pigmentos (corantes) (BARROS, SANTOS e AGUIAR NETTO, 2016). Recentemente, a produção em todo o Brasil chegou a 225.000 toneladas (IBGE, 2020). Entretanto, a sua produção em regiões semiáridas é desafiadora, principalmente devido à limitação do abastecimento de água e da salinidade das águas disponíveis para a agricultura (CAVALCANTE et al., 2019).

A região semiárida nordestina, embora possua potencial para agricultura, apresenta um regime irregular de chuvas e elevada taxa de evaporação, com águas via de regra apresentando salinidade elevada (BASTOS, MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2009). Os poços do semiárido nordestino apresentam água com níveis salinos que podem afetar negativamente o rendimento das culturas (MEDEIROS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2015). O excesso de sais reduz os processos vitais para a planta, dentre eles os processos fotossintéticos, restringindo a abertura estomática e assimilação de CO₂, e aumentando a produção de espécies reativas de oxigênio concomitante com a degradação das reações da clorofila (ALKHARABSHEH et al., 2021; GIORDANO et al., 2021; MIRANSARI et al., 2021). Além disso, desequilibra nutricionalmente a planta, devido a competição de absorção de Na⁺ com outros íons, como K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, os quais são essenciais às plantas (ZÖRB et al., 2018). Consequentemente, há redução no crescimento e produção em diversas culturas (MINHAS et al., 2020; Corwin, 2021).

Diante disso, várias técnicas de manejo vêm sendo utilizadas na busca de atenuar os efeitos deletérios dos sais na produção agrícola, dentre as quais, destaca-se o uso de bioestimulantes (PEÑA et al., 2017). Uma alternativa neste sentido é o uso de promotores de crescimento vegetais que contenham essencialmente aminoácidos, vitaminas e minerais e que sejam submetidos a um processo biocatalítico de ativação molecular que melhore sua atividade biológica e a reatividade bioquímica de todas as suas moléculas (ATTA, ABDEL-LATTIF e ABSY, 2017). Isto permite favorecer a fase vegetativa e reprodutiva das culturas. Estes

bioestimulantes promovem o aumento do comprimento dos caules, bem como do número de folhas, flores e frutos, o que influencia positivamente o aumento dos rendimentos da cultura (PEÑA et al., 2015). Assim, o objetivo da pesquisa foi de avaliar o efeito da aplicação de um bioestimulante na mitigação de danos causados pelo estresse salino no pimentão.

2 HIPÓTESE

A aplicação do bioestimulante nas plantas de pimentão proporcionará uma melhor tolerância ao estresse salino ao longo do desenvolvimento da cultura em relação às plantas que não obtiveram aplicação. Espera-se que as plantas tratadas com o bioestimulante apresentem um maior crescimento, melhor produção e qualidade de frutos, e menores danos oxidativos causados pelo estresse salino.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do bioestimulante na mitigação de danos causados pelo estresse salino no pimentão (*Capsicum annuum L.*).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos do bioestimulante aplicado via foliar no desenvolvimento de plantas de pimentão, analisando alterações morfofisiológicas das plantas quando submetidas ao estresse salino.
- Avaliar os efeitos do bioestimulante sobre as respostas bioquímicas das plantas, tais como a capacidade antioxidante e a osmoproteção, e sobre a qualidade e a produtividade de frutos de pimentão submetidas ao estresse salino.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A CULTURA DO PIMENTÃO

O pimentão (*Capsicum annuum L.*) é uma hortaliça que pertence à família Solanaceae. Essa planta é de origem americana, com registros de sua ocorrência desde o sul dos Estados Unidos até o Chile, tendo sua origem oficial na Bolívia, seguindo para os Andes e terras baixas da Amazônia (SOUZA et al., 2011).

É uma planta arbustiva, com caule semilenhoso, podendo ultrapassar um metro de altura. As flores são isoladas, pequenas e hermafroditas utilizando sistema de autopolinização, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores (FILGUEIRA, 2008). O fruto é uma baga oca de formato cônico, cúbico ou retangular, de coloração vermelha, amarela ou de outras cores, quando maduro. Os frutos de pimentão, não apresentam sabor picante, devido à ausência do alcalóide capsaicina. As raízes atingem até um metro de profundidade, havendo pouco desenvolvimento lateral. Configura-se como uma cultura perene, porém é cultivada como anual (GASPARETTO DA SILVA et al., 2011). Geralmente, a colheita se inicia de 90 a 110 dias após o plantio (CADERNO TÉCNICO CULTIVAR HF, 2007).

A propagação do pimentão é realizada através de sementes. Após a fase de sementeira, as mudas são transplantadas ao campo ou para a estufa quando estiverem com 30 a 45 dias de idade (PINTO et al, 1984; FILGUEIRA, 2008). O crescimento inicial é lento até aproximadamente 60 dias após o transplante (DAT) das mudas, intensificando-se no período de florescimento e acentuando-se mais ainda na frutificação. Nestas fases as plantas apresentam um aumento exponencial de massa de matéria seca (MARCUSI e VILLAS BÔAS, 2000; FILGUEIRA, 2008).

A planta é de origem tropical, desenvolvendo-se e produzindo melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante a baixas temperaturas e geadas. O fator climático limitante é a baixa temperatura, principalmente durante a germinação, emergência e o desenvolvimento das mudas as quais são produzidas mais vantajosamente sob estufa. Baixas temperaturas no solo também afetam o desenvolvimento inicial da planta (RYLSKI et al., 1994; SOUZA et al., 2011).

Tanto o excesso quanto o déficit hídrico são prejudiciais para o desenvolvimento do pimentão, logo é recomendado irrigação por aspersão e gotejamento (SOUZA e REZENDE, 2006; TRECHA, LOVATTO e MAUCH, 2017). Quanto à salinidade, a cultura do pimentão é considerada moderadamente sensível, ou seja, suporta teores de sais do solo na faixa de 1,5 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, (MASS e HOLFMAN, 1977, BARROS et al., 2021) isso sem perdas significativas do potencial produtivo (AYERS e WESTCOT, 1999; BARROS et al., 2021). Porém, o excesso de sais pode comprometer o desenvolvimento do sistema radicular, o crescimento e a produção da cultura. Altas concentrações salinas no solo aumentam a pressão osmótica do meio, prejudicando o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SÁ et al., 2017).

O solo mais adequado é o de textura média, sendo uma planta exigente em nutrientes na ordem decrescente de absorção dos macronutrientes: K, Ca, N, Mg, S e P. Ressaltando, que apesar do Ca ser o segundo nutriente mais absorvido, a cultura é muito exigente em Ca, assim como o P que é o último em ordem de absorção, sendo o macronutriente que oferece maiores respostas em produtividade (FILGUEIRA, 2008; TRECHA, LOVATTO e MAUCH, 2017).

Normalmente, o plantio é efetuado no período entre a primavera e o verão. No entanto pode-se estender ao longo do ano em regiões de baixa altitude, com inverno ameno. A cultura do outono - inverno permite a colheita em época de entressafra, com preços mais elevados. Esta é, aliás, uma das culturas oleráceas mais beneficiadas pelo cultivo em estufa (MINAMI e NETO, 1994; FILGUEIRA, 2008).

A cultura pode ser conduzida em diversos sistemas, entre eles, o cultivo orgânico em ambiente protegido, em cultivo hidropônico e semihidropônico (OLIVEIRA et al., 2000; TRECHA, LOVATTO e MAUCH, 2017).

4.2 IMPORTÂNCIA DA CULTURA

A olericultura no Brasil tem grande relevância social, econômica, industrial e alimentar, movimentando cerca de R\$ 25 bilhões e gerando por volta de 7 milhões de empregos diretos e indiretos, além disso, a atividade se encontra em processo de expansão em diversas regiões do Brasil (ABRAFRUTAS, 2018). Nesse cenário, o pimentão vem se destacando como uma das principais oleráceas produzidas no Brasil, sendo cultivada praticamente em todos os estados, tanto em condições de campo como em ambiente protegido (OLIVEIRA, 2012). É uma cultura de curto período para início de produção e de retorno rápido aos investimentos, por isto é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (CAMPOS et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2020).

Trata-se de uma das principais hortaliças produzidas no mundo (FAO, 2020), e no Brasil, já se figura como uma das dez mais importantes hortaliças cultivadas, com uma produção anual próxima de 225.000 toneladas (IBGE, 2020), e, segundo Goto et al. (2016), o Brasil ocupa o 15º em área cultivada no mundo e o 2º em produtividade. No país, a produção de pimentão se concentra no Sudeste e em alguns estados do Nordeste, no qual 87% do total produzido estão nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco (GERALDINI, MARCOMINI e RODRIGUES, 2017). Em relação ao estado da Paraíba, segundo o último censo agropecuário nacional (IBGE, 2020), a produção de pimentão

foi de cerca de 3.519 toneladas, o que corresponde a aproximadamente 2% do total produzido no país.

É uma hortaliça que apresenta diversas formas de consumo, podendo ser consumida na forma verde ou madura. Seus frutos possuem alto teor de vitamina C e são utilizados na fabricação de condimentos, conservas, geléias e molhos, utilizados na indústria alimentícia e/ou na produção de pigmentos. Seu cultivo está amplamente distribuído pelo Brasil, independentemente do nível tecnológico utilizado pelo produtor (OLIVEIRA, 2012; TRECHA, LOVATTO e MAUCH, 2017).

Por ter fins terapêuticos é classificado como planta medicinal, por isso tem ganhado importância significativa nas áreas da medicina e farmácia. Além da vitamina C, seu fruto é rico em outras vitaminas, como B1, B2 e E, proteínas, carotenóides, glicídios, lipídios, minerais, água e fibras, importantes para auxiliar no processo digestivo. É também fonte de antioxidantes naturais e previne doenças cardiovasculares e doenças degenerativas como câncer, Alzheimer e Parkinson (REIFSCHNEIDER, 2000; TRECHA, LOVATTO e MAUCH, 2017).

Além disso, os frutos apresentam grande diversidade de formas e sabores. São encontrados com pigmentação verde, vermelha, laranja, amarelo e até lilás, dependendo do estágio de desenvolvimento, ou relacionado à sua variedade, sendo muito utilizado na decoração de diversos pratos regionais (SANTOS et al., 2013). Onoyama et al. (2010) apontou em sua pesquisa que o sabor, a qualidade do fruto e o valor nutricional, são fundamentais na compra do pimentão.

A cultura também exerce significativa importância na agricultura familiar, pois a integra à agroindústria, devido a sua elevada capacidade de geração de emprego e renda e por seu custo de produção por hectare ser relativamente baixo, se comparado aos custos de outras hortaliças, fazendo com que o pimentão esteja posicionado como uma hortaliça de grande valor socioeconômico para a agricultura familiar no Brasil (COSTA e HENZ, 2007).

4.3 SALINIDADE

As plantas são afetadas por vários tipos de estresse na natureza, entre os quais, a salinidade, que causa mais danos aos vegetais (GIANNAKOULA e ILIAS, 2013; POÓR et al., 2019). O termo “salinidade” se refere à existência de níveis de sais solúveis no solo que possam prejudicar significativamente o rendimento das plantas cultivadas (RIBEIRO et al., 2007; MUNNS e TESTER, 2008, PEQUENO et al., 2014). Dessa forma, a salinidade pode afetar de diferentes formas as plantas cultivadas, e em diferentes fases do seu desenvolvimento,

comprometendo desde a germinação, até o seu crescimento e produção (AYERS e WESTCOT, 1999; MINHAS et al., 2020).

Os ambientes salinos são definidos pela elevada concentração de sais solúveis no solo, os quais podem ter origens tanto naturais (primárias) como antropogênicas (secundárias) (WILLADINO e CÂMARA, 2004; LEITE et al., 2019). A salinização primária é um processo natural onde ocorrem poucas chuvas, elevada evaporação e acumulação gradual de íons oriundos do intemperismo. Os problemas de salinidade têm sido também associados à água utilizada na irrigação, à drenagem deficiente e a presença de águas subsuperficiais ricas em sais solúveis à pouca profundidade. Nesses casos, quando a salinização resultante é devida à ação antrópica, a mesma é conhecida como salinização secundária (LEITE et al., 2019). Os processos naturais associados diretamente à pedogênese são os responsáveis pela maior parte da área salinizada no mundo (ESTEVES e SUZUKI, 2008). Entretanto, a salinização causada pela ação do homem é a que traz maior impacto econômico, pois ocorre em áreas onde se realizou investimento capital (SILVA, 2002; ESTEVES e SUZUKI, 2008).

A região semiárida nordestina, embora possua potencial para agricultura, apresenta um regime irregular de chuvas e elevada taxa de evaporação, com águas geralmente apresentando salinidade elevada (BASTOS, MOTENEGRO e MONTENEGRO, 2009). Além disso, os poços do semiárido nordestino apresentam água com níveis salinos que podem afetar negativamente o rendimento das culturas (OLIVEIRA et al., 2015).

A ocorrência de solos salinos, salino-sódicos e sódicos é comum nas regiões áridas e semiáridas em razão da baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação (RUIZ et al., 2006; PEDROTTI et al., 2015). A evaporação e a transpiração removem água pura (sob forma de vapor) do solo e esta perda de água concentra solutos no solo. Outra forma de acúmulo de sais ocorre quando a água de irrigação contém uma alta concentração de solutos e não há possibilidade de descarregá-los em um sistema de drenagem, o que pode rapidamente alcançar níveis prejudiciais ao crescimento normal das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A utilização de fontes de águas salinas também pode, dependendo de sua composição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo (AQUINO et al., 2007).

4.4 EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS

Dentre os estresses abióticos, a salinidade é um dos mais relevantes, uma vez que afeta cerca de 1 bilhão de hectares em mais de 100 países do mundo, e com isso, compromete gravemente a produtividade agrícola mundial (FAO, 2015). Os efeitos do excesso de sais solúveis na solução do solo, principalmente o Na e o Cl, provocam redução do desenvolvimento

vegetal, especialmente nas espécies mais susceptíveis, promovendo distúrbios fisiológicos (AZEVEDO et al., 2017). Os prejuízos do estresse salino no crescimento e desenvolvimento das plantas são resultado dos efeitos primários dos sais, que podem ser de natureza osmótica, iônica ou de ambas (HASEGAWA, 2013; GADELHA, 2020).

O estresse osmótico é decorrente do acúmulo de íons na solução do solo, que provocam diminuição do potencial osmótico, reduzindo o potencial hídrico do ambiente radicular e dificultando, portanto, a absorção de água pelas plantas. Esse déficit hídrico é rapidamente transmitido a partir das raízes para outras partes da planta, causando redução do turgor e diminuição da expansão celular (SINGH et al., 2015; GADELHA, 2020).

O estresse iônico, por sua vez, resulta dos efeitos tóxicos dos íons Na^+ e Cl^- , que, ao se acumularem no citosol das células, desestabilizam as membranas e prejudicam a atividade de muitas enzimas, afetando o metabolismo primário e secundário (KEISHAM et al., 2018; WU, 2018). Outro resultado do estresse iônico é o desequilíbrio do estado nutricional da planta, devido à competição entre os altos níveis de Na^+ e Cl^- e outros nutrientes essenciais absorvidos pelas raízes, tais como o Ca^{2+} , o K^+ , o NO_3^- e o Mg^{2+} (LODEYRO e CARRILLO, 2015). Esse desequilíbrio causa diminuição no crescimento e no desenvolvimento da planta, podendo levar à morte celular (ALQAHTANI; ROY e TESTER, 2019; GADELHA, 2020).

Durante o efeito da salinidade, determinados processos são danificados, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídios e fotossíntese. Uma das respostas iniciais é a redução da expansão da superfície foliar, acompanhado de uma intensificação do estresse (WANG e NIL, 2000; ESTEVES e SUZUKI, 2008). Este efeito promove redução nas concentrações de carboidratos, que são a base necessária para o desenvolvimento celular. As respostas biológicas as altas salinidades em plantas têm sido mais discutidas (ZHU, 2002; MUNNS, 2005). Estes estudos analisaram características fisiológicas, moleculares e bioquímicas das respostas complexas ao estresse salino dos organismos (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

Uma das consequências do estresse salino é dada pela produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como: superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) e oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$) (ESTEVES e SUZUKI, 2008; AHMAD et al., 2019). Estas EROs podem ter ação citotóxica, causando danos às estruturas celulares, bem como a carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Dentre essas injúrias, pode-se destacar a desintegração da clorofila, a fragmentação do DNA, o extravasamento iônico, a peroxidação lipídica, a inibição da síntese de proteínas, a inibição enzimática e, finalmente, a morte celular (GILL et al., 2013; NOCTOR et al., 2015; AHMAD et al., 2019). A peroxidação lipídica da

membrana celular desencadeia alterações na fluidez da membrana, assim como a destruição de canais e receptores celulares importantes. Além disso, as modificações nas proteínas e no material genético podem implicar em mutações, ocasionando efeitos fisiológicos e bioquímicos prejudiciais (GILL e TUTEJA, 2010).

Assim, como em resposta aos danos causados pelo excesso de sal, muitas plantas ampliaram os mecanismos de tolerância através de exclusão e/ou compartimentalização de sais (ESTEVEES e SUZUKI, 2008).

4.5 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA DAS PLANTAS À SALINIDADE

As respostas ao estresse salino variam amplamente dependendo do genótipo da planta. Enquanto algumas espécies apresentam elevada tolerância à salinidade, outras são altamente susceptíveis (CARILLO et al., 2011). As plantas podem ser classificadas como halófitas, aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas (tipicamente, Na^+ e Cl^-) e, glicófitas, as que não são capazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas (WILLADINO e CAMARA, 2010). A maioria das glicófitas apresenta redução no crescimento quando a salinidade supera 10 mM, enquanto as halófitas crescem em ambientes nos quais a concentração salina varia de 50 a 500 mM (ORCUTT e NILSEN, 2000; ESTEVES e SUZUKI, 2008, VIUDES e PACHECO, 2014). Em termos de potencial da água, as halófitas possuem a capacidade de crescer em substratos cujo potencial oscila entre -1,0 e -2,5 MPa e, em condições extremas, a -5,0 MPa (WILLADINO e CAMARA, 2004; VIUDES e PACHECO, 2014).

Para sobreviver ao estresse salino, as plantas ativam respostas coordenadas em nível de planta inteira, que comumente envolvem o controle do acúmulo de Na^+ no citosol, a síntese de osmoprotetores e a indução de enzimas e compostos antioxidativos, os quais são, respectivamente, conhecidos como ajustamento iônico, osmótico e redox (GUPTA et al., 2018; SHAHZAD et al., 2019; GADELHA, 2020). Todas essas estratégias envolvem o restabelecimento da homeostase celular e são divididas em dois tipos. O primeiro é de baixa complexidade e envolve mudanças em vias bioquímicas e o segundo são mecanismos de alta complexidade que fornecem proteção à maioria dos processos, como a fotossíntese e a respiração, regulação da estrutura do cromossomo e da cromatina, metilação do DNA, amplificação de sequências específicas ou eliminação do DNA (SINGH et al., 2017; GADELHA, 2020).

A tolerância ao estresse salino é um fenômeno que envolve a ação sincronizada de componentes fisiológicos, bioquímicos, morfológicos e moleculares que reprogramam o

metabolismo das plantas e as permitem crescer e se desenvolver mesmo sob alta salinidade. Plantas incapazes de ativar essas complexas redes regulatórias têm sensibilidade aumentada e sofrerão invariavelmente mais danos (CABELLO; LODEYRO e ZURBRIGGEN, 2014; MUCHATE et al., 2016; GADELHA, 2020).

4.5.1 Ajustamento osmótico e iônico

Um dos mecanismos de tolerância a fatores ambientais desfavoráveis é a acumulação de solutos compatíveis (ASHRAF e FOOLAND, 2007). Estes solutos são pequenas moléculas, não tóxicas, capazes de estabilizar proteínas e membranas quando afetadas por solutos prejudiciais, como acontece em condições de estresse salino (YANCEY, 2005).

Os solutos compatíveis mais comuns em plantas podem ser classificados em três grupos principais: aminoácidos (por exemplo, prolina), aminas quaternárias (por exemplo, glicina betaina, dimetilsulfoniopropionato) e poliol/açúcares (por exemplo, manitol, trealose) (BERNSTEIN, 2019). Os açúcares e os polióis atuam como reguladores osmóticos, facilitando a retenção de água no citoplasma e permitindo o sequestro de sódio no vacúolo. Estes osmólitos protegem e estabilizam as estruturas das células ao interagir com membranas, proteínas complexas, ou enzimas. Além disso, os açúcares também atuam no armazenamento de carbono (PARIDA e DAS, 2005).

A prolina é um dos solutos compatíveis mais comuns, e tem efeito na resposta à salinidade e déficit hídrico, ao promover a absorção de água (ASHRAF e FOOLAND, 2007, REDA et al., 2021). De acordo com Szabados e Savouré (2010), a acumulação de prolina está associada a uma grande variedade de estresses, e constitui um dos maiores antioxidantes não-enzimáticos. Este aminoácido surge em elevada quantidade nas plantas que se desenvolvem num meio com abundante quantidade de sais (MITTAL et al., 2012), mas a sua concentração é superior em plantas sujeitas a condições de seca (FILIPPOU et al., 2013). A prolina é um elemento importante na proteção das plantas, atuando na biossíntese de poliaminas (SUZUKI et al., 2014), e tem influência na indução da expressão de genes que atuam na resposta das plantas a estresses, como a salinidade (CHINNUSAMY et al., 2005, REDA et al., 2021).

As poliaminas estão entre os osmólitos que têm função protetora. Estas regulam o desenvolvimento vegetal, atuando na divisão e diferenciação celular (ASHRAF e HARRIS, 2004; ANWAR et al., 2022). Dada à sua natureza policatiônica a pH fisiológico, essas aminas podem mediar muitas atividades biológicas. Elas podem se ligar a várias moléculas eletronegativamente carregadas, tais como DNA, proteínas, fosfolipídios e proteínas de membrana e polissacarídeos pécticos da parede celular (WILLADINO e CAMARA, 2010). Em

situação de estresse, a concentração de poliaminas pode aumentar ou diminuir em função do órgão, da espécie da planta, intensidade do estresse e duração da exposição (KASINATHAN e WINGLER, 2004; ALCÁZAR et al., 2020).

4.5.2 Indução de enzimas antioxidantes

O estresse salino apresenta como consequência o estresse hídrico devido à maior dificuldade das plantas de absorverem água do solo. Os sais presentes no solo reduzem o potencial osmótico e hídrico, o que leva a dificuldade de absorção de água pelo sistema radicular (PARIDA e DAS, 2005; BROETTO, GOMES e JOCA, 2017).

A falta de água contribui para a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), cujas principais formas são radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila ($OH^{\bullet}$) e oxigênio singleto (1O_2). Tais compostos em concentração elevada promovem a fotoinibição, fotoxidação, peroxidação dos lipídeos, além da desnaturação das proteínas (CARVALHO, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2013; AHMAD et al., 2019).

A oxidação lipídica origina diversos produtos secundários que agravam o dano oxidativo, entre eles o ácido malondialdeído (MDA), que é o principal e mais estudado produto da peroxidação lipídica. Portanto, o MDA tem funcionado como um eficiente marcador molecular para designar a peroxidação lipídica em células de plantas submetidas a diferentes estresses abióticos (CARVALHO, 2008; GILL e TUTEJA, 2010; SHARMA et al., 2012).

Os produtos da peroxidação lipídica são altamente reativos, podendo se ligar a biomoléculas como DNA e proteínas danificando-os irreversivelmente, causando prejuízos nas funcionalidades das células, tanto dentro quanto fora delas (SHARMA et al., 2012). Os principais danos da peroxidação lipídica são a diminuição da fluidez das membranas, a facilidade na troca de fosfolípidos entre as duas bicamadas, o aumento do extravasamento das membranas para substâncias que normalmente não o atravessam e, danos a proteínas de membranas inativando receptores, enzimas e canais iônicos (GILL e TUTEJA, 2010).

As plantas possuem um sistema de defesa antioxidativo enzimático cuja função é reduzir os danos oxidativos ocasionados pelas EROs. Esse sistema dispõe de enzimas antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), (Carvalho, 2008; GOMATHI e RAKKIYAPAN, 2011; HASANUZZAMAN et al., 2020).

A enzima superóxido dismutase (SOD) é considerada a primeira barreira enzimática contra o estresse oxidativo (APEL e HIRT, 2004; CHUNG, 2017), é uma metaloproteína multimérica, única enzima, das plantas, capaz de eliminar o poder tóxico causado pelo radical $O_2^{\bullet-}$, formando-se H_2O_2 que é posteriormente eliminado pela CAT ou através da APX

(CARVALHO, 2008; SHARMA et al., 2012). A SOD encontra-se presente em todos os compartimentos celulares, sejam mitocôndrias, cloroplastos, glioxissomas, peroxissomas, apoplasto e citosol, sendo produzido em todos os locais onde a cadeia transportadora de elétrons encontra-se presente (APEL e HIRT, 2004; GILL e TUTEJA, 2010; CHUNG, 2017).

O segundo sistema de prevenção é muito mais simples, sendo formado pela enzima catalase (CAT) que atua na dismutação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em oxigênio e água. É uma enzima tetramérica que contém um grupo heme. Em plantas, a CAT é encontrada nos peroxissomos, glioxissomos, citosol e mitocôndrias, porém a sua localização é quase restringida aos peroxissomas onde funciona essencialmente para remover o H_2O_2 formado durante a fotorespiração, o que limita dessa forma a sua capacidade para manter os teores de H_2O_2 baixos o suficiente para prevenir danos noutros compartimentos celulares, como nos cloroplastos (GARA, 2004; Asada 2006; CARVALHO, 2008; ANWAR et al., 2022).

A ascorbato peroxidase (APX) são membros de classe I da superfamília de heme-peroxidases, cujo grupo prostético é a protoporfirina e são reguladas por sinal redox de H_2O_2 . A APX apresenta alta especificidade por ascorbato como substrato redutor e catalisa a redução de H_2O_2 onde ocorre a oxidação de ascorbato, reação que resulta em monodeidroascorbato (MDHA) e H_2O (ASADA, 1999; GARA, 2004; SHARMA et al., 2012; NADARAJAH, 2020). A regeneração do ascorbato é mediada no ciclo Halliwell-Asada. As APXs são encontradas em plantas superiores, clorófitas e algas vermelhas. Apresentam-se localizadas no citosol, em membranas dos peroxissomos e em cloroplastos (estroma e membranas dos tilacóides) (ASADA, 1999; GILL e TUTEJA, 2010).

Apesar de as plantas terem a capacidade de tolerar e ultrapassar situações de estresse através dos mecanismos descritos anteriormente, encontrar soluções economicamente viáveis que auxiliem as culturas a contornarem mais facilmente o efeito negativo dos fatores ambientais é fundamental, evitando assim as perdas de produtividade. Uma das soluções pode ser através da aplicação de forma exógena de substâncias hormonais, vitaminas, minerais ou solutos compatíveis, que já são produzidos pelas plantas em situação de estresse, porém em pequenas quantidades. Desta maneira, aumenta-se a concentração de metabólitos específicos no interior da planta, de forma que estas suportem mais facilmente a situação ambiental desfavorável e consigam prosseguir com o seu crescimento e desenvolvimento normal (FILIPPOU et al., 2013; EL-MOUKHTARI et al., 2020).

4.6 UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

Por conta da frequente ocorrência de estresses abióticos como o salino durante o cultivo de plantas, várias técnicas de manejo vêm sendo utilizadas na busca de atenuar os efeitos deletérios dos sais na produção agrícola, dentre as quais, destaca-se o uso de bioestimulantes, que promovem nas plantas um fortalecimento metabólico e/ou fisiológico, dando condições a estas de se sobressaírem em situações de estresses (PORDEUS et al., 2020).

Suplementos que contêm nutrientes, aminoácidos e extratos de plantas são chamados de "promotores de crescimento" ou de "bioestimulantes" (PEÑA et al., 2017). Estas substâncias podem ser obtidas de diferentes materiais orgânicos e incluem substâncias húmicas, materiais orgânicos complexos, elementos químicos benéficos, hidrolisados de proteínas e aminoácidos, sais inorgânicos, extratos de algas marinhas, derivados de quitina e quitosana, antitranspirantes, aminoácidos e outras substâncias que contenham nitrogênio (NARDI et al., 2016; ABDEL-LATTIF et al., 2018). Nos últimos anos, a utilização destes bioestimulantes na agricultura sustentável vem crescendo bastante, pois o uso desses produtos para promover o crescimento das plantas tem ganhado uma atenção crescente a nível mundial (Ertani et al., 2013 e Nardi et al., 2016; ABDEL-LATTIF et al., 2018).

Nardi et al. (2016) relataram que a aplicação dos bioestimulantes nas plantas leva a um maior teor de nutrientes nos seus tecidos e alterações metabólicas positivas, e que estas substâncias influenciam o crescimento das plantas e o metabolismo do nitrogênio, especialmente por causa do seu conteúdo de hormônios e outras moléculas de sinalização. Abdel-Lattif et al. (2018) afirmam que um aumento significativo no comprimento e na densidade das raízes é frequentemente observado em plantas tratadas com os bioestimulantes, o que sugere que estas substâncias induzem uma "resposta de aquisição de nutrientes" que favorece a sua absorção nas plantas através de um aumento na área de superfície absorvente. Além disso, estes autores relatam que os bioestimulantes influenciam positivamente a atividade e expressão genética das enzimas que funcionam no metabolismo primário e secundário das plantas.

Estudos desenvolvidos por Karnok (2000) mostraram que os efeitos positivos sobre o desenvolvimento vegetal na aplicação destes compostos naturais podem ser melhor observados em situações em que a planta se encontra sob alguma condição de estresse porque, nessas condições, ocorre a otimização do sistema de defesa vegetal que incrementa os níveis de antioxidantes na planta. Este pesquisador afirma ainda que existem diversos trabalhos pressupondo que plantas quando submetidas à aplicação de produtos à base de biorreguladores ou bioestimulantes respondem melhor ao déficit hídrico. Isso se deve ao aumento nos níveis

das atividades de enzimas como a SOD, APX e CAT, resultante da ação desses produtos. Essas enzimas antioxidantes, conforme visto no tópico anterior, reduzem o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, as quais são produzidas em situações de estresse. Em resumo, estas enzimas possuem a capacidade de eliminar compostos maléficos ao metabolismo vegetal, reduzindo os danos às plantas (KARNOK, 2000; HASANUZZAMAN et al., 2020).

Outro fator que tem sido beneficiado com a aplicação de bioestimulantes é a eficiência fotoquímica (RICHARDSON et al., 2004; CALZADA et al., 2022). A tolerância ao estresse e o incremento fotossintético podem, portanto, promover aumentos na produtividade (ALBRECHT et al., 2009; MAHMOUD et al., 2020). Considerando que o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de hormônios vegetais, cuja biossíntese e degradação se produzem em resposta a uma complexa interação de fatores fisiológicos, metabólicos e ambientais, o estímulo a produção desses hormônios promotores pode influenciar, condicionar, estimular e potencializar os resultados positivos (DARIO et al., 2005; ALBRECHT et al., 2009).

Em resumo, alguns autores demonstraram que pequenas concentrações de alguns bioestimulantes têm um efeito positivo na produção, no aumento da taxa de crescimento, bem como no teor de minerais e de constituintes bioquímicos das plantas (SHARMA et al., 2014). Contudo, o seu efeito positivo depende da espécie e cultivar da planta, das condições ambientais, da dose, e do período de aplicação do produto (LISIECKA et al., 2011, BULGARI et al., 2015).

4.6.1 Bioestimulante viusid agro®

O bioestimulante Viusid Agro® atua como um bioregulador natural e é um hidrolisado de proteína composto basicamente por aminoácidos, vitaminas e minerais (CATALYSIS 2014; PEÑA et al., 2017; ATTA, ABDEL-LATTIF e ABSY, 2017). Este produto contém essencialmente fosfato de potássio, ácido málico, glucosamina, ácido aspártico, arginina, glicina, triptofano, ácido ascórbico, sulfato de zinco, pantotenato de cálcio, piridoxina, ácido fólico, cianocobalamina, glicirrizinato monoamônico, benzoato de sódio e sorbato de potássio (CATALYSIS, 2019). Além disso, como um aspecto relevante, todos os seus os componentes são sujeitos a um processo biocatalítico de ativação molecular que permite a utilização de baixas dosagens com bons resultados. Ademais, o produto tem mostrado que não tem efeitos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana (CATALYSIS, 2019).

Pesquisas foram realizadas em várias culturas onde a aplicação deste bioestimulante levou a um aumento da produção, o que ocorreu com a cultura do feijão, na qual verificou-se

um aumento no rendimento dos grãos (*Phaseolus vulgaris* L) (PEÑA et al., 2015a). Verificou-se também que a aplicação foliar deste composto aumentou a qualidade das folhas e o início do florescimento do antúrio (*Anthurium andreanum* Lind.) (PEÑA et al., 2015b), bem como a germinação de sementes e a produção de tomates (*Solanum lycopersicum* L) (PEÑA et al., 2016).

Calzada et al. (2016) comparou a influência da aplicação desse bioestimulante sobre os parâmetros morfo-agronômicos do tomate cultivado na província de Sancti Spiritus, em Cuba, nas doses de 0,5, 1 e 1,5 mL diluído em 5 L de água e a dose com melhor efeito sobre tais parâmetros foi a de 1,5 mL desse composto. Peña et al. (2018) avaliaram o efeito do produto no desempenho produtivo da alface (*Lactuca sativa* L), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), beterraba (*Beta vulgaris* L) e rabanete (*Raphanus sativus* L) em termos de hidroponia ou agricultura urbana. Os rendimentos das plantas tratadas com o Viusid Agro® aumentaram em 30,66% em alface, 25,90% em acelga e mais de 50% em beterraba e rabanete. Além disso, Atta et al. (2017) estudaram o efeito do bioestimulante no milho para determinar a dosagem ideal capaz de aumentar o rendimento dos grãos do milho e concluíram que o aumento desse rendimento para a maioria das cultivares estudadas se deu aplicando a dosagem de 0,96L ha⁻¹, cujo rendimento superou significativamente as plantas testemunhas em 26,0%.

Estudos sobre o efeito da aplicação foliar desse bioestimulante em culturas submetidas a estresses abióticos, como o estresse salino, ainda são escassos. Porém, Calzada et al. (2022), em seus estudos sobre a aplicação deste bioestimulante em soja submetidas a diferentes níveis de salinidade afirmaram que a aplicação foliar atenuou os efeitos adversos do estresse salino. Os autores também relataram que a aplicação do bioestimulante na dose de 1,2 mL.L⁻¹ foi a mais eficiente em promover a tolerância de plantas de soja ao estresse salino. Concluíram que a pulverização foliar de misturas de aminoácidos contidas no produto aliviou os danos morfofisiológicos induzidos pela salinidade por meio de processos biológicos, incluindo o aumento do acúmulo de K⁺, hiperacumulação de osmólitos, manutenção do pigmento fotossintético e equilíbrio do estado hídrico, o que resultou em uma diminuição considerável no acúmulo de Na⁺ e concentração de biomarcadores iônicos e oxidativos induzidos pela peroxidação lipídica.

Os aminoácidos que estão incluídos na composição do produto são conhecidos por apresentarem efeitos positivos sobre o crescimento e rendimento das plantas, bem como as ajudam a superar o efeito nocivo causado por tais estresses abióticos (KOWALCZYK e ZIELONY, 2008; ABDEL-LATIFF, ABSY e ATTA, 2018). Para além disso, os aminoácidos têm vários outros papéis nas plantas, por exemplo, regulam o transporte iônico e a abertura

estomática e afetam a síntese, a atividade de enzimas e a expressão genética (RAI, 2002). Os aminoácidos são os primeiros produtos estáveis de assimilação de nitrogênio inorgânico e são os chamados blocos de construção de proteínas (OAKS, 1994; ABDEL-LATIFF, ABSY e ATTA, 2018). Alterações na concentração de vários aminoácidos ou dos aminoácidos totais demonstram envolvimento na regulação de muitos processos relacionados com o metabolismo do nitrogênio da planta. Além disso, compostos bioativos, como glicirrizina, são geralmente produzidos como uma mistura de sais de potássio e cálcio em plantas (ZHANG et al., 1995; PAOLINI et al. al., 1999; ABDEL-LATIFF, ABSY e ATTA, 2018) e foi identificado como sendo o principal componente ativo por seu valor comercial (SHIBATA, 2000 e LIU et al., 2007). No que diz respeito ao elemento zinco, é um membro de mais de 300 enzimas em plantas e pode ser incorporado na solução protéica (COLEMAN, 1992; ABDEL-LATIFF, ABSY e ATTA, 2018). Além disso, a glucosamina e glicirrizinato monoamônico são precursores proeminentes na síntese bioquímica de proteínas glicosiladas e lípidios (PIGMAN et al., 1980; ABDEL-LATIFF, ABSY e ATTA, 2018).

Sendo assim, o uso desse produto como ferramenta para minimizar o efeito negativo da salinidade sobre a produtividade das plantas cultivadas pode ser uma alternativa importante para a agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-LATTIF, H.M.; ABSY, R. & ATTA, M.M.. Effect of Growth Promoter Supplement on Yield and Grain Quality of Maize (*Zea mays* L). **Egypt. J. Agron.** v. 40, n.2, p. 165 – 180, 2018. DOI:10.21608/agro.2018.3790.1104. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/agro.2018.3790.1104>. Acesso em: 8 jan. 2022.
- ABRAFRUTAS. **Cenário Hortifruti Brasil**. Brasília. 2018. Disponível em: <https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/relatorio-hortifruti.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- ALCÁZAR, R; BUENO, M.; TIBURCIO, A. F. Polyamines: small amines with large effects on plant abiotic stress tolerance. **Cells**, v. 9, n. 11, p. 2373, 2020. DOI: 10.3390/cells9112373. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cells9112373>. Acesso em: 9 jan. 2022.
- AHMAD, R. *et al.* Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. In: **Plant Abiotic Stress Tolerance**, p. 191–205, 2019. DOI:10.1007/978-3-030-06118-0_8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0_8. Acesso em: 9 jan. 2022.
- ALBRECHT, L. P. *et al.* Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 191-198, June 2009. DOI:10.5380/ras.v10i3.14474. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/ras.v10i3.14474>. Acesso em: 9 jan. 2022.
- ALKHARABSHEH, H. M. *et al.* Field crop responses and management strategies to mitigate soil salinity in modern agriculture: A review. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. e2299, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11112299. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112299>. Acesso em: 9 jan. 2022.
- ALQAHTANI, M.; ROY, S. J.; TESTER, M. Increasing salinity tolerance of crops effects of salt stress on plant growth. R. A. In: **Encyclopedia of Sustainability Science and Technology**, Meyers (ed.), April 2019. DOI:10.1007/978-1-4939-8621-7_429. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8621-7_429. Acesso em: 9 jan. 2022.
- ANWAR, A. *et al.* Understanding the physiological and molecular mechanism of salinity stress tolerance in plants. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. v. 50, n. 4, p. 12959, 2022. DOI: 10.15835/nbha50312959. Disponível em: <https://doi.org/10.15835/nbha50312959>. Acesso em: 9 jan. 2022.
- AQUINO, A. J. S. *et al.* Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.31, p. 961-971, out. 2007. DOI:10.1590/S0100-06832007000500013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500013>. Acesso em: 9 jan. 2022.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-379, February 2004. DOI:10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>. Acesso em: 9 jan. 2022.

ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of reactive oxygens and dissipation of excess photons. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 601-639, jun. 1999. DOI: 10.1146/annurev.arplant.50.1.601. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.601>. Acesso em: 9 jan. 2022.

ASADA, K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. **Plant Physiology**, v. 141, p. 391-396, jun. 2006. DOI: 10.1104/pp.106.082040. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.106.082040>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ASHRAF, M. & HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Sci.** v. 166, p. 3-16, January 2004. DOI:10.1016/j.plantsci.2003.10.024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>. Acesso em: 9 jan. 2022.

ASHRAF, M. & FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environ. and Exp. Bot.** v. 59, p. 206-216, march 2007. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>. Acesso em: 8 jan. 2022.

ATTA, M., ABDEL-LATTIF, M., & ABSY, R. Influence of Biostimulants Supplement on Maize Yield and Agronomic Traits. **Bioscience Research**, v. 14, p. 604-615, jan. 2017.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água para irrigação. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 29. Revisado. Tradução de GUEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. 153p., 1999.

AZEVEDO, P. R. L. *et al.* Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Rev. de Agroec. no Semiárido**, Sousa – PB – Brasil, v. 1, n.1, p.01 - 12, jun. 2017.

BARROS, A. C.; SANTOS, T. P. E AGUIAR NETTO, A. O. Vazão ideal de gotejadores para a cultura do pimentão em diferentes tipos de solo. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 121-128, jun. 2016. DOI:10.15809/irriga.2016v1n1p121-128. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p121-128>. Acesso em: 8 jan. 2022.

BARROS, M. P. *et al.* Tolerance of salinity bell pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) in germination and initial growth. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e9110413851, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.13851. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13851>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BASTOS, D. C. O., MONTENEGRO, A. A. A., MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de Alternativa de Irrigação Suplementar com Água Moderadamente Salina em Vale Aluvial no Semi-Árido: Experimentação e Modelagem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 14, n. 3, 27-36, set. 2009. DOI: 10.21168/rbrh.v14n3.p27-36. Disponível em: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v14n3.p27-36>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BERNSTEIN, N. Plants and salt: Plant response and adaptations to salinity. In: Astrobiology: Exploring life on earth and beyond. **Model Ecosystems in Extreme Environments**, v. 2, (Seckbach J., ed). p. 101-112. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2019.

BROETTO, F.; GOMES, E. R.; JOCA, T. A. C (org.). **O estresse das plantas: teoria & prática**. São Paulo: Editora UNESP, Cultura Acadêmica, 2017, 194 p.

BULGARI, R.; COCETTA, G.; TRIVELLINI, A.; VERNIERI, P. & A. FERRANTE. Biostimulants and crop responses: a review, **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2015. DOI:10.1080/01448765.2014.964649. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>. Acesso em: 11 jan. 2022.

CABELLO, J. V.; LODEYRO A. F.; ZURBRIGGEN, M. D. Novel perspectives for the engineering of abiotic stress tolerance in plants. **Current Opinion in Biotechnology**, [s.l.], v. 26, p. 62–70, oct. 2014. DOI: 10.1016/j.copbio.2013.09.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.09.011>. Acesso em: 14 jan. 2022.

CADERNO TÉCNICO CULTIVAR HF. Pelotas, RS: **Grupo Cultivar**, nº 42, fev./mar. 2007. Suplemento.

CALZADA, K. P. *et al.* Exogenous Application of Amino Acids Mitigates the Deleterious Effects of Salt Stress on Soybean Plants. **Agronomy**, v.12, n. 9, p. 2014, aug. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12092014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>. Acesso em: 4 jan. 2023.

CALZADA, P. K., FERNANDÉZ, J. C. R., MELÉNDREZ, J. F. El Viusid Agro uma alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, mayo 2016.

CAMPOS, V. B. *et al.* Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 72-79, jan. 2008.

CATALYSIS. **Viusid agro, promotor del crecimiento**. Internet (cited 2014 March 20. Available from: [http:// www.catalysisagro.com](http://www.catalysisagro.com). Acesso em: 27 jan. 2023.

CATALYSIS. **Viusid-Agro®**, **promotor del crecimiento**. 2019. Disponível em: <http://www.catalysisagrovete.com>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CAVALCANTE, A. R. *et al.* Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 3–8, jan. 2019. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p3-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p3-8>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CARVALHO, M.H.C. de. Drought stress and reactive oxygen species. **Plant Signal Behav**, v. 3, p. 156-165, 2008. DOI: 10.4161/psb.3.3.5536. Disponível em: <https://doi.org/10.4161/psb.3.3.5536>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CARILLO, P. *et al.* Salinity Stress and Salt Tolerance. **Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations**. sep. 2011. DOI:10.5772/22331. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/22331>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CHINNUSAMY, V., JAGENDORF, A. & ZHU, J. K. Understanding and improving salt tolerance in plants. **Crop Sci**. v. 45, p. 437-448, mar. 2005. DOI:10.2135/cropsci2005.0437. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CHUNG, W.H. Unraveling new functions of superoxide dismutase using yeast model system: Beyond its conventional role in superoxide radical scavenging. **Journal of Microbiology**. v. 55, p. 409–416, mar. 2017. DOI: 10.1007/s12275-017-6647-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12275-017-6647-5>. Acesso em: 27 jan. 2023.

COLEMAN, J.A. Zinc proteins: Enzymes, storage proteins, transcription factors and replication proteins. **Annu. Rev. Biochem.** v.61, p. 897-946, jul. 1992. DOI: 10.1146/annurev.bi.61.070192.004341. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.61.070192.004341>. Acesso em: 27 jan. 2023.

CORWIN, D. L. Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. **European Journal of Soil Science**, v. 72, n. 2, p. 842-862, 2021. DOI: 10.1111/ejss.13010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ejss.13010>. Acesso em: 27 jan. 2023.

COSTA, C.S.R.; HENZ, G.P. 2007. **Pimenta (*Capsicum* spp.) – Sistemas de plantio**. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/index.html. Acessado em: 04 mar. 2024.

DARIO, G. J. A. *et al.* Influência do uso de fitorreguladores no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 63-70, jan. 2005.

EL-MOUKHTARI, A. *et al.* How Does Proline Treatment Promote Salt Stress Tolerance During Crop Plant Development? **Front. Plant Sci.**, v. 11, p. 1127, jul. 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.01127. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01127>. Acessado em: 04 mar. 2023.

ERTANI, A., NARDI, S. & ALTISSIMO, A. Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. **Acta Horticulture**, v.1009, p. 181-188, oct. 2013. DOI:10.17660/ActaHortic.2013.1009.22. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1009.22>. Acessado em: 04 mar. 2023.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecol. Brasileira**, v.4, n.12, p.662-679, 2008.

ESTRADA, C. C. E. *et al.* Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities, and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. pepper juice by FT-MIR and multivariate analysis. **Lwt**, v. 126, p. 109285, mar. 2020. DOI:10.1016/j.lwt.2020.109285. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109285>. Acessado em: 04 mar. 2023.

FAO, Food and Agriculture Organization of the united nations. **Faostat**, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> . Acessado em: 15 abr. 2021.

FAO, Food and agriculture organization of the united nations. **Faostat**. Acessado em 28 de janeiro de 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 27 jan. 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization. Status of the World's Soil Resources. 2015. Disponível em: Publication preview page | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations . Acesso em: 27 jan. 2023.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV 2008, 421p.

FILIPPOU, P. *et al.* Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environ. and Exp. Bot.** v. 97, p. 1-10, 2013. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2013.09.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.09.010>. Acessado em: 04 mar. 2023.

GADELHA, C. G. **Bases bioquímicas e moleculares para a tolerância ao estresse salino em cultivares de arroz**. Tese (Doutorado em Bioquímica), 106 F. – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-graduação em Bioquímica, Fortaleza, 2020.

GASPARETTO DA SILVA, E. *et al.* Qualidade de frutos de pimentão em função de concentrações de ethephon durante o amadurecimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha** [Internet]. v. 12, n.2, p. 199-205, 2011.

DE GARA L. Class III peroxidases and ascorbate metabolism in plants. **Phytochem Rev** v. 3, p. 195–205, jan. 2004. DOI: 10.1023/B:PHYT.0000047795.82713.99. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:PHYT.0000047795.82713.99>. Acessado em: 04 mar. 2023.

GERALDINI, F.; MARCOMINI, L.; RODRIGUES, G. Pequenos mercados, grandes oportunidades. Boas opções para diversificar a produção. **Revista Hortifruti Brasil**, 2017. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/pequenos-mercados-grandes-oportunidades.aspx>. Acessado em: 01 jul. 2021.

GIANNAKOULA, A. E.; ILIAS, I. F. The effect of water stress and salinity on growth and physiology of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). **Archives Biology Science**, Belgrade, v. 65, n. 2, p. 611-620, 2013.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 48, p. 909-930, sep. 2010. DOI: 10.1016/j.plaphy.2010.08.016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GILL, S. S. *et al.* Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 70, p. 204-212, jun. 2013. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.05.032. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.032>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GIORDANO, M.; PETROPOULOS, S. A.; ROUPHAEL, Y. Response and defence mechanisms of vegetable crops against drought, heat and salinity stress. **Agriculture**, v. 11, n. 5, p. e463, may 2021. DOI: 10.3390/agriculture11050463. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture11050463>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GOMATHI, R.; RAKKIYAPAN, P. Comparative lipid peroxidation, leaf membrane thermostability, and antioxidant system in four sugarcane genotypes differing in salt

tolerance. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v. 3, n. 4, p. 67-74, apr. 2011.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Y. *et al.* A Effect of three nanoparticles (Se, Si and Cu) on the bioactive compounds of bell pepper fruits under saline stress. **Plants** v.10, p. 217, jan. 2021. DOI: 10.3390/plants10020217. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10020217>. Acesso em: 23 jul. 2021.

GOTO, R. *et al.* Exigências Climáticas e Ecofisiologia. In: CARLOS NICK; ALUIZIO BORÉM. (Org.). **Pimentão: do plantio à colheita**. 1.ed. Viçosa: UFV, 2016, p. 17-33.

GUPTA, P.; YADAV, C.; SINGLA-PAREEK, S. L.; PAREEK, A. Recent advancements in developing salinity tolerant rice, advances in rice research for abiotic stress tolerance. **Elsevier Inc.** jan. 2018. DOI:10.1016/B978-0-12-814332-2.00005-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814332-2.00005-8>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HASANUZZAMAN, M. *et al.* Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants** v. 9, p. 681, jul. 2020. DOI: 10.3390/antiox9080681. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HASEGAWA, P. M. Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.92, p.19-31, aug. 2013. DOI:10.1016/j.envexpbot.2013.03.00. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.03.00>. Acesso em: 20 ago. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia. **Censo agropecuário 2017**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6953>. Acesso em: 29 mar. 2024.

KARNOK, K J. Promises, promises: can biostimulants deliver? **Golf Course Management, Newton**, v. 68, p. 67-71, 2000.

KASINATHAN, V. & WINGLER, A. Effect of reduced arginine decarboxylase activity on salt tolerance and on polyamine formation during salt stress in *Arabidopsis thaliana*. **Physiol. Plantarum**, Copenhagen, v. 121, p. 101-107, 2004. DOI: 10.1111/j.0031-9317.2004.00309.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.00309.x>. Acesso em: 25 fev. 2022.

KEISHAM, M.; MUKHERJEE, S.; BHATLA, S. C. Mechanisms of sodium transport in plants- Progresses and challenges. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.] v. 19, fev. 2018. DOI: 10.3390/ijms19030647. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19030647>. Acesso em: fev. 2022.

KOWALCZYK, K., & ZIELONY, T. Effect of Aminoplant and Asahi on Yield and Quality of Lettuce Grown on Rockwool. **Conference of Biostimulators in Modern Agriculture**, Warsaw, Poland, jan. 2008.

LEITE, R. S. *et al.* Efeito da salinidade sobre o crescimento de *Brachiaria decumbens* no semiárido Baiano. TRIM. **Tordesillas, revista de investigación multidisciplinar**, v. 16, p.

55-65, may 2019. DOI:10.24197/trim.16.2019.55-65. Disponível em: <https://doi.org/10.24197/trim.16.2019.55-65>. Acesso em: 10 fev. 2022.

LISIECKA, J. *et al.* The effect of animal protein hydrolysate on quantity and quality of strawberry daughter plants cv. 'Elsanta'. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus** v. 10, p. 31-40, jan. 2011.

LIU, J. *et al.* Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrient uptake and glycyrrhizin production of licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). **Plant Growth Regul.** v.52, p. 29-39, may 2007. DOI:10.1007/s10725-007-9174-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-007-9174-2>. Acesso em: 10 fev. 2022.

LODEYRO, A. F.; CARRILLO, N. Salt Stress in Higher Plants: Mechanisms of Toxicity and Defensive Responses. In: TRIPATHI, B. N.; MULLER, M. (Eds). *Stress Responses in Plants*. Suíça: **Springer**, p 1-33, jan. 2015. DOI:10.1007/978-3-319-13368-3_1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-13368-3_1. Acesso em: 10 fev. 2022.

MAHMOUD, Z. S. *et al.* Pumpkin seed protein hydrolysate treatment alleviates salt stress effects on *Phaseolus vulgaris* by elevating antioxidant capacity and recovering ion homeostasis, **Scientia Horticulturae**, v. 271, 2020. DOI:10.1016/j.scienta.2020.109495. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109495>. Acesso em: 11 fev. 2022.

MARCUSSI, F.F.N., VILLAS BÔAS, R.L. Análise de crescimento e marcha de absorção de um híbrido de pimentão sob condições de cultivo protegido e fertirrigação. **Relatório final FAPESP**. p. 1-40, 2000. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2003v8n3p203-217>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MASS, E. V., HOLFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal Irrigation and Drainage Division**, v.103, p. 115-34, 1977.

MEDEIROS, J. F. *et al.* Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, dez. 2003. DOI: 10.1590/S1415-43662003000300010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300010>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MINHAS, P. S. *et al.* Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, v. 227, p. e105832, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105832. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>. Acesso em: 11 fev. 2024.

MITTAL, S., KUMARI, N. & SHARMA, V. Differential response of salt stress on *Brassica juncea*: Photosynthetic performance, pigment, proline, D1 and antioxidant enzymes. **Plant Physiol. and Biochem.** v. 54, p. 17-26, may 2012. DOI: 10.1016/j.plaphy.2012.02.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.02.003>. Acesso em: fev. 2024.

MINAMI, K.; NETO, J.T. **Cultura do Pimentão**, Piracicaba: SEBRAE, 57p, 1994.

MUCHATE, N. S. *et al.* Plant Salt Stress: Adaptive Responses, Tolerance Mechanism and Bioengineering for Salt Tolerance. **Botanical Review**. [s.l.], v. 82, p. 371–406, oct. 2016.

DOI:10.1007/s12229-016-9173-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12229-016-9173-y>. Acesso em: 11 fev. 2024.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Reviews Plant Biology**, v.59, p.651-681, feb. 2008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>. Acesso em: 11 fev. 2022.

MUNNS, R. Genes and salt-tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 3, p. 645–663, jul. 2005. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>. Acesso em: 11 fev. 2022.

NADARAJAH, K. K. ROS homeostasis in abiotic stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v.21, n.15, p. 5208, jul. 2020. DOI: 10.3390/ijms21155208. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms21155208>. Acesso em: 12 fev. 2022.

NARDI, S. *et al.* Plant biostimulants: Physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Review Scientia Agricola**, v.73, n. 1, p.18-23, jul. 2016. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>. Acesso em: 12 fev. 2022.

NASCIMENTO, W. P. *et al.* Produção de pimentão submetido a diferentes tipos de condução na região amazônica. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 8, p. 62157-62166, ago. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-588. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-588>. Acesso em: 12 fev. 2022.

NOCTOR, G.; LELARGE-TROUVERIE, C.; MHAMDI, A. The metabolomics of oxidative stress. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 112, p. 33–53, oct. 2015. DOI: 10.1016/j.phytochem.2014.09.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.09.002>. Acesso em: 12 fev. 2022.

OAKS, A. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. **Can. J. Bot.** v. 72, p.739-750, 1994.

OLIVEIRA, A. D. *et al.* **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2000.

OLIVEIRA, F. A. **Cultivo do pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação**. 2012. 222p. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração irrigação e drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, F. de A. *et al.* Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial pinhão-manso. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.19, n. 3, p. 204–210, mar. 2015. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p204-210 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p204-210>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ONOHAMA, S. S. *et al.* Atributos de hortaliças sob a ótica de consumidores: estudo de caso do pimentão no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 124–132, mar. 2010. DOI:10.1590/S0102-05362010000100024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100024>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of Plants Under Stress**. New York, John Willey & Sons, 2000, 704 p.

PAOLINI, M. *et al.* Effect of liquorice and glycyrrhizin on rat liver carcinogen metabolizing enzymes. **Cancer Lett.** v. 145, p. 35-42, oct.1999. DOI: 10.1016/s0304-3835(99)00225-6. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0304-3835\(99\)00225-6](https://doi.org/10.1016/s0304-3835(99)00225-6). Acesso em: 12 fev. 2022.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 60, p. 324-349, mar. 2005. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2004.06.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>. Acesso em: 12 fev. 2022.

PEDROTTI, A. *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, ago. 2015. DOI: 10.5902/2236117016544. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236117016544>. Acesso em: 12 fev. 2022.

PEÑA, K., RODRÍGUEZ, J.C. and SANTANA, M. Productive behavior of the bean (*Phaseolus vulgaris* L) treaty with a promoter of the growth activated molecularly. **Revista Científica Avances**, v.17, n. 4, 327-337, 2015a.

PEÑA, C. K., RODRÍGUEZ, F. J. C. Y MELÉNDREZ, G. J. F. Efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente sobre la germinación y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Infociencia**, v.19, n.3, p. 1-12, 2015b.

PEÑA, K., RODRÍGUEZ, J.C. & MELÉNDREZ, J. F. The VIUSID agro an alternative in the increase of tomato production (*Solanum lycopersicum* L). **Revista Granma Ciencia**, v. 19, n. 2, p. 1-12, 2015c.

PEÑA, K., RODRÍGUEZ, J.C. AND MELÉNDREZ, J.F. VIUSID agro an alternative in the increase of tomato production (*Solanum lycopersicum* L). **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, 2016.

PEÑA, K. *et al.* Effects of a growth promoter on different vegetable crops. **International J. of Development Res.** V. 7, n. 2, p. 11737-11743, jun. 2017.

PEÑA, K. *et al.* VIUSID Agro® dose effect on the morpho-physiological and productive behavior of radish (*Raphanus sativus* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**. v. 35, p. 293-317, jul. 2018.

PEQUENO, O. T. B. L., SILVA, J. L. B. C., BRASILEIRO, I. M. N. Fitoextração de sais por *Atriplex nummularia* em solo do semiárido paraibano. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 37-52, 2014.

PIGMAN, W.W., HORTON, D. & WANDER, J. D. "**The Carbohydrates**". Vol. 1B. New York: Academic Press. p.727-728, 1980.

PINTO, C.M.; PÁDUA, J.G.; CASALI, V.W.D. Produção de mudas, plantio e espaçamento em pimentão e pimenta. **Informe Agropecuario**, v.10, n.113, p.7-31,1984.

PORDEUS, A. V. *et al.* Growth Response of Hydroponic *Lactuca sativa* L. to Application of Fertilizer Organic VIUSID Agro®. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 11, oct. 2020. DOI:10.5539/jas.v12n11p268. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v12n11p268>. Acesso em: 12 fev. 2022.

POÓR, P. *et al.* Comparison of changes in water status and photosynthetic parameters in wild type and abscisic acid-deficient *sitiens* mutant of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Rheinlands Ruhm) exposed to sublethal and lethal salt stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 232, p. 130-140, 2019. DOI: 10.1016/j.jplph.2018.11.015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.11.015>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RAI, V. K. Role of amino acids in plant responses to stresses. **Biol. Plant.**v. 45, p. 481-487, dec. 2002. DOI: 10.1023/A:1022308229759. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1022308229759>. Acesso em: 12 fev. 2022.

REDA, B. M. *et al.* Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. **Science of The Total Environment**,v. 777, p. 146204, mar. 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146204. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RIBEIRO FILHO, N.M. *et al.* Avaliação comparada dos índices químicos nitrogênio e fósforo nas porções morfológicas das espécimes de faveleira com espinhos e sem espinhos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.2, p.149-160, dec. 2007. DOI:10.15871/1517-8595/rbpa.v9n2p149-160. Disponível em: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v9n2p149-160>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RICHARDSON, A. D. *et al.* Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. **Journal of Arboriculture**, v. 30, n. 1, p. 52-61, jan. 2004. DOI:10.48044/jauf.2004.007. Disponível em: <https://doi.org/10.48044/jauf.2004.007>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RUIZ, H. A. *et al.* Características físicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v.6, n.3, p.1-12, jan. 2006. DOI:10.4067/S0718-27912006000300001. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-27912006000300001>. Acesso em: 12 fev. 2022.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (org.) **Capsicum**: pimentas e pimentões do Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, 2000, 14- 46 p.

RYLSKI, I., ALONI, B., KARNIM, L., ZAIDMAN, Z. Flowering, fruit set, fruit development and fruit quality under different environmental conditions in tomato and pepper crops. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v.366, p. 45-55, 1994. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.366.3. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.366.3>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SÁ, F. V. S. *et al.* Initial Development and Tolerance of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Cultivars under Salt Stress. **Journal of Agricultural Science**, Vol. 9, N. 11, sep. 2017. DOI:

10.1590/1983-21252019v32n327rc. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n327rc>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SANTOS, P.R.; MOURA, F. M.; ALVES, A. O.; ROCHA, F.A.T.; RODRIGUES, J. D.; FILHO, F. P. L.; MENEZES, D. Avaliação de híbridos simples e triplos de pimentão em ambiente protegido. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013, Recife, **Anais [...]**. Recife, 2013.

SHAHZAD, B. *et al.* A. Plant responses and tolerance to salt stress. In: Mirza, H.; Kamrun, N.; Masayuki, F.; Hirotsuke, O.; ISLAM, T. M. (org.). **Approaches Enhancing Abiotic Stress Tolerance Plants**, p. 61–78, jan. 2019. DOI:10.1201/9781351104722-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781351104722-3>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SHARMA, P. *et al.* Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. **Journal of Botany**, New York, v. 2012, p. 1-26, apr. 2012. DOI: 10.1155/2012/217037. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/217037>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SHARMA, H. S. S. *et al.* Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**. v. 26, n. 1, p. 465-490, aug. 2014. DOI:10.1007/s10811-013-0101-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>. Acesso em: 14 fev. 2022

SHIBATA, S. A drug over the millennia: Pharmacognosy, chemistry and pharmacology of licorice. *Yakugaku Zasshi-J. Pharma Soc. Jpn.* v. 120, n.10, p.849-862, 2000. DOI: 10.1248/yakushi1947.120.10_849. Disponível em: https://doi.org/10.1248/yakushi1947.120.10_849. Acesso em: 14 fev. 2022.

SOUZA, V. F. de. *et al.* **Irrigação e fertirrigação em fruteira e hortaliças**. Brasília-DF. Embrapa Informação Tecnológica, p. 721-736, 2011.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle de salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução solo**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SINGH, M. *et al.* Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 14, p. 407–426, jul. 2015. DOI:10.1007/s11157-015-9372-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9372-8>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SINGH, M. *et al.* Regulation of plants metabolism in response to salt stress: an omics approach, **Acta Physiologiae Plantarum**, [s.l.], v. 39, 2017. DOI:10.1007/s11738-016-2345-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2345-x>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SOUZA, J.L.; REZENDE, P.L. (org.) **Manual de horticultura orgânica**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 843p., 2006.

SUZUKI, N. *et al.* Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytol.** v. 203, p. 32-43, apr. 2014. DOI: 10.1111/nph.12797. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.12797>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SZABADOS, L. & SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Sci.** v. 15, p. 89-97, dec. 2010. DOI: 10.1016/j.tplants.2009.11.009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>. Acesso em: 15 fev. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TRECHA, C. DE O.; LOVATTO, P. B.; MAUCH, C. R. Entraves do cultivo convencional e as potencialidades do cultivo orgânico do pimentão no Brasil. **Revista Thema**. v. 14, n. 3, p. 291-302, ago. 2017. DOI:10.15536/thema.14.2017.291-302.458. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.291-302.458>. Acesso em: 15 fev. 2022.

VIUDES, E. & PACHECO, A. Caracterização fisiológica e bioquímica de artemisia (*Artemisia annua* L.) submetida a estresse salino. **Colloquium Agrariae**, v. 10. 84-91, dez. 2014.

YANCEY, P. Organic osmolytes as compatible, metabolic and counteracting cytoprotectants in high osmolarity and other stresses. **The J. of Exp. Biol.** v. 208, p. 2819-2830, sep. 2005. DOI:10.1242/jeb.01730. Disponível em: <https://doi.org/10.1242/jeb.01730>. Acesso em: 15 fev. 2022.

WANG, Y.& NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, p. 623–627, nov. 2000. DOI:10.1080/14620316.2000.11511297. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511297>. Acesso em: 15 fev. 2022.

WILLADINO, L; CÂMARA, T. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA. M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La Ecofisiologia Vegetal, Una ciência de síntesis**. Madri, Espanha. Editora Thomsom, p.303-330, 2004.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.6, n.11; 2010.

WU, H. Plant salt tolerance and Na⁺ sensing and transport. **The Crop Journal**, [s.l.], v. 6, p. 215–225, jun. 2018. DOI: 10.1016/j.cj.2018.01.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.01.003>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ZHANG, Y.H., KATO, M. and ISOBE, K. Dissociated control by glycyrrhizin of proliferation and IL-2 production of murine thymocytes. **Cell Immunol.** v.162 n.1, p. 97-104, apr. 1995. DOI: 10.1006/cimm.1995.1056. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/cimm.1995.1056>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, p. 247–273, feb. 2002. DOI:10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ZÖRB, C.; GEILFUS, C.-M.; DIETZ, K.-J. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, p. 31-38, jul. 2019. DOI: 10.1111/plb.12884. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/plb.12884>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CAPÍTULO I

RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE PLANTAS DE *Capsicum annuum* L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO E TRATADAS COM BIOESTIMULANTE

Respostas morfofisiológicas e bioquímicas de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas ao estresse salino e tratadas com bioestimulante

RESUMO

A salinidade da água é um importante estresse abiótico que afeta o crescimento e o metabolismo das plantas, reduzindo a produção agrícola. Alternativas para minimizar os impactos do estresse salino em plantas envolvem a aplicação de bioestimulantes vegetais baseados em misturas de aminoácidos e hidrolisados de proteína, que são substâncias naturais que melhoram a eficiência nutricional, as respostas aos estresses abióticos, a produtividade e qualidade dos cultivos. Em razão disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de um bioestimulante composto por PHs e AAs sobre o crescimento, fisiologia e características bioquímicas de plantas de pimentão estressadas com sal. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 5 x 3, sendo os fatores os níveis de salinidade (0,5, 1,5, 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e a aplicação do bioestimulante nas doses de 0, 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ de água destilada, com 5 repetições. Os parâmetros avaliados foram: crescimento, produtividade, trocas gasosas, conteúdo relativo de água na folha, índice de clorofilas, fluorescência de clorofila, acúmulo de matéria seca, osmorreguladores, enzimas antioxidantes e conteúdo de malondialdéido. As reduções induzidas pelo estresse salino no pimentão foram significativamente amenizadas pela aplicação do bioestimulante, que foi capaz de manter os melhores índices de clorofila e desempenho fotossintético, além de melhorar o status hídrico das plantas estressadas por sal, levando a um melhor desempenho da cultura em um nível salino de até 1,5 dS m⁻¹. A resposta da planta ao estresse salino foi influenciada pelo bioestimulante, incluindo processos relacionados ao alívio do estresse oxidativo, adaptação ao ajuste osmótico e capacidade/atividade antioxidante. Tanto a dose de 0,3 como a de 0,6 mL por litro de água do produto foram eficazes na atenuação do estresse salino, sendo a dose de 0,3 mL a mais indicada por questões de economia de custos da produção agrícola.

Palavras-chave: pimentão; hidrolisados de proteínas; crescimento; osmoproteção; salinidade.

Biostimulant on the morphophysiology of *Capsicum annuum* L. plants subjected to saline stress

ABSTRACT

Water salinity is an important abiotic stress that affects plant growth and metabolism, reducing agricultural production. Alternatives to minimize the impacts of salt stress on plants involve the application of plant biostimulants based on mixtures of amino acids and protein hydrolysates, which are natural substances that improve nutritional efficiency, responses to abiotic stresses, productivity and quality of crops. Therefore, this work aimed to evaluate the effects of foliar application of a biostimulant composed of PHs and AAs on the growth, physiology and biochemical characteristics of pepper plants stressed with salt. The experiment was conducted in pots in a greenhouse, using a randomized block design, in a 5 x 3 factorial scheme, with the factors being salinity levels (0.5, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 dS m⁻¹) and application of the biostimulant in doses of 0, 0.3 and 0.6 mL L⁻¹ of distilled water, with 5 repetitions. The parameters evaluated were: growth, productivity, gas exchange, relative water content in the leaf, chlorophyll index, chlorophyll fluorescence, dry matter accumulation, osmoregulators, antioxidant enzymes and malondialdehyde content. The reductions induced by salt stress in pepper were significantly mitigated by the application of the biostimulant, which was able to maintain the best chlorophyll levels and photosynthetic performance, in addition to improving the water status of salt-stressed plants, leading to better crop performance in a saline level of up to 1.5 dS m⁻¹. The plant's response to salt stress was influenced by the biostimulant, including processes related to the relief of oxidative stress, adaptation to osmotic adjustment and antioxidant capacity/activity. Both doses of 0.3 and 0.6 mL per liter of product water were effective in alleviating saline stress, with the 0.3 mL dose being the most recommended for reasons of saving costs in agricultural production.

Keywords: pepper; protein hydrolysates; growth; osmoprotection; salinity.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações atuais da humanidade está relacionada à prática de atividades agrícolas e seus impactos sobre as alterações climáticas (GOWDY, 2020). As mudanças climáticas intensificaram os estresses abióticos, como a salinidade da água e do solo, afetando diretamente as culturas agrícolas e, consequentemente, reduzindo a produção de alimentos, especialmente nas regiões áridas e semiáridas (MINHAS et al., 2020; SOUSA et al., 2023). Regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, sofrem com períodos recorrentes de seca, resultando no acúmulo de sal nos solos e nas águas subterrâneas devido à escassez de chuvas e à alta evapotranspiração (MARENGO et al., 2020; SOUSA et al., 2023). Apesar da alta concentração de sal, a água subterrânea é frequentemente a única fonte de água disponível para a agricultura, tornando o estresse salino inevitável nessas regiões (SÁ et al., 2018; SOUSA et al., 2023).

A maioria das culturas hortícolas é sensível à salinidade e inibem o crescimento em solos salinizados. Nessa situação, ocorre um acúmulo de íons devido à irrigação contínua (IKUYINMINU et al., 2022). O pimentão (*Capsicum annuum* L.), por exemplo, é uma hortaliça muito popular e difundida. Quando cultivada em áreas áridas e semiáridas, a cultura, frequentemente, encontra salinidade do solo (CHARTZOULAKIS et al., 2000; NAVARRO et al., 2002; KACJAN MARŠIĆ et al., 2021). O nível limite de salinidade das plantas de pimentão é de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, portanto é uma planta considerada moderadamente sensível ao sal (SHAHBAZ et al., 2012; KACJAN MARŠIĆ et al., 2021).

De acordo com a literatura, as culturas que crescem em ambientes salinos estão sujeitas ao estresse osmótico, condições físicas ruins do solo, distúrbios nutricionais, toxicidade e produtividade reduzida (ETESAMI e NOORI, 2019). As respostas das plantas ao estresse salino são diversas e afetam muitos processos bioquímicos e fisiológicos diferentes (FRICKE, 2020). Uma das primeiras respostas ao estresse salino é uma diminuição na taxa de expansão da superfície foliar, seguida pelo fechamento estomático e diminuição da fotossíntese e das taxas de transpiração. Além disso, há uma redução no conteúdo de clorofila, no funcionamento do cloroplasto e também no crescimento das plantas (CALZADA et al., 2022). Outra consequência do estresse salino é dada pela produção excessiva dessas EROs, tais como: superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidroxila (OH^-) e oxigênio singlete (1O_2) (Esteves e Suzuki, 2008). Estas EROs podem ter ação citotóxica, causando danos às estruturas celulares, bem como a carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Dentre essas injúrias, pode-se destacar a desintegração da clorofila, a fragmentação do DNA, o extravasamento iônico, a

peroxidação lipídica, a inibição da síntese de proteínas, a inibição enzimática e, finalmente, a morte celular (GILL et al., 2013; NOCTOR et al., 2015; AHMAD et al., 2019).

As plantas desenvolvem muitos mecanismos diferentes para lidar com as condições de estresse salino. Entre esses mecanismos de tolerância estão a regulação positiva do sistema de defesa antioxidante, a eficiente exclusão de íons e o acúmulo de osmólitos e metabólitos secundários (ISAYENKOV e MAATHUIS, 2019). Como uma resposta importante aos fatores de estresse, as plantas possuem respostas fisiológicas e moleculares adaptativas específicas, ou seja, ajuste osmótico (OA) e capacidade antioxidante aprimorada (LINH, CHAM e THANG, 2021). O OA resulta da assimilação de vários osmólitos, como prolina e glicina betaína e íons inorgânicos (SAFWAT e SALAM, 2022). Outra estratégia crucial de tolerância da planta sob estresse salino é a ativação do sistema de defesa contra danos oxidativos. O sistema antioxidante inclui superóxido dismutase, catalase, peroxidases, redutases, ácido ascórbico, glutathione, polifenóis, etc (JOSHI et al., 2022; REN et al., 2022).

Várias técnicas de manejo vêm sendo utilizadas na busca de atenuar os efeitos deletérios dos sais na produção agrícola, dentre as quais, destaca-se o uso de bioestimulantes (PEÑA et al., 2017). Os bioestimulantes são um conjunto de materiais orgânicos e/ou microrganismos que podem melhorar a assimilação de água, absorção de nutrientes e resiliência a estresses abióticos. Eles representam uma opção inovadora e ecologicamente correta para os objetivos da agricultura sustentável. Estas substâncias podem ser obtidas de diferentes materiais orgânicos e incluem substâncias húmicas, materiais orgânicos complexos, elementos químicos benéficos, hidrolisados de proteína e aminoácidos, sais inorgânicos, extratos de algas marinhas, derivados de quitina e quitosana, antitranspirantes, aminoácidos e outras substâncias que contenham nitrogênio (NARDI et al., 2016; ABDEL-LATTIF et al., 2018). Cada categoria contém um amplo espectro de compostos e moléculas bioativas, bem como macro e micronutrientes, induzindo vários benefícios diretos e indiretos para as plantas cultivadas. No que diz respeito ao uso de aminoácidos (AAs) e hidrolisados de proteínas (PHs) como bioestimulantes, foi relatado que a aplicação exógena desses produtos tem efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento das plantas em condições estressantes (MATYSIAK et al., 2020; HILDEBRANDT, 2018). Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de um bioestimulante composto por PHs e AAs sobre o crescimento, fisiologia e características bioquímicas de plantas de pimentão estressadas com sal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no município de Areia - Paraíba, no período de 21 de fevereiro a 18 de julho de 2022. A estufa está localizada nas coordenadas geográficas: latitude 6°58'04''S, longitude 35°42'58''W e altitude de 508m. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo As' que significa verão seco e quente e chuvas no inverno (ALVARES et al., 2013). As condições climáticas da estufa, como temperatura mínima, máxima, média e umidade relativa do ar, estão representadas na Figura 1.

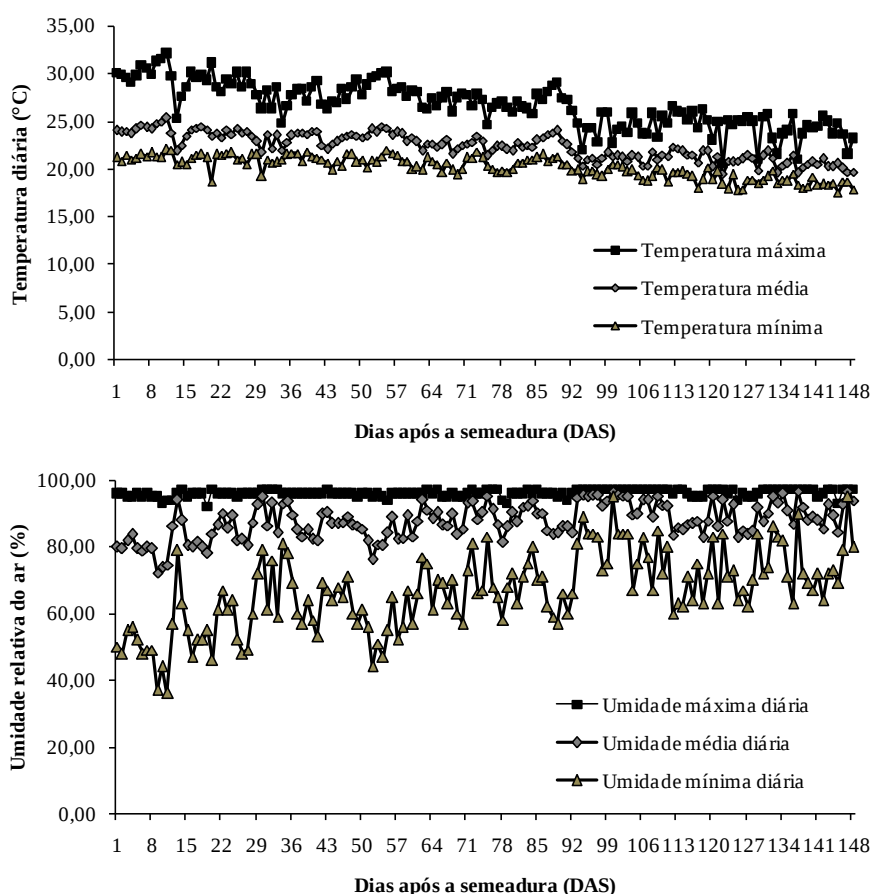


Figura 1- Dados de temperatura e umidade relativa do ar da casa de vegetação ocorridos durante o período de execução do experimento.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O estudo compreendeu a combinação dos fatores salinidade e bioestimulante empregados à cultura do pimentão. O fator salinidade foi constituído por cinco níveis: 0,5 (água de abastecimento); 1,5; 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, e o fator bioestimulante foi constituído pelas

dosagens do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas VIUSID Agro® (VA), cuja composição é descrita na tabela 1, de 0, 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ de água destilada (CALZADA et al., 2016), utilizando delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 5 x 3 com cinco repetições. A parcela experimental foi constituída por 1 vaso por planta totalizando 75 unidades experimentais. Cada vaso foi composto por um material polimérico sintético com volume de 11 dm³.

Tabela 1 - Composição do bioestimulante avaliado neste experimento, em g/100mL.

Composição	%	Composição	%
Fosfato de potássio	5	Sulfato de zinco	0,115
Ácido málico	4,6	Pantotenato de cálcio	0,115
Glucosamina	4,6	Piridoxina	0,235
Arginina	2,4	Ácido fólico	0,05
Glicina	2,5	Cianocobalamina	0,0005
Triptofano	0,5	Glicirrizinato monoamônico	0,23
Ácido ascórbico	1,15	Benzoato de sódio	0,2
Ácido aspártico	1,6	Sorbato de potássio	0,2

Todos estes compostos foram submetidos a um processo de ativação molecular (Catalisys, 2014).

2.3 PREPARO DO SOLO

O solo utilizado para a condução do experimento foi coletado numa área experimental de Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPB. As amostras desse solo foram coletadas e encaminhadas para Laboratório de Tecnologia de Solos e Produtos de Origem Vegetal e Animal - LTSPOVA, vinculado ao Instituto de Desenvolvimento da Paraíba – IDEP/UFPB, para realização das análises física, química e de salinidade do material, conforme descritas nas tabelas 2, 3, e 4. Após isso, o solo foi peneirado para a remoção de torrões e materiais indesejados, e posteriormente pesado, com o auxílio de uma balança eletrônica, para a obtenção do peso de 10 kg de substrato para cada vaso.

Tabela 2 - Análise física do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.

Areia	Silte	Argila	Classe
2 – 0,05	0,05 –	< 0,002	Textural
mm	0,002	mm	
	mm		
-----	g/kg	-----	
-----		-----	

876	99	25	Areia

Tabela 3 - Análise química do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.

pH	P	S	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	MO
H ₂ O	-----	mg/dm ³ -----				cmolc/dm ³					g/kg
(1: 2,5)											
6,9	33,04	----	96,74	0,05	1,60	0,00	2,52	1,18	4,00	5,60	21,36

P, K, Na: Extrator Mehlich 1; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; SB: Soma de Bases Trocáveis CTC: Capacidade de Troca Catiônica; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.

Tabela 4 - Análise de salinidade do solo utilizado no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.

pH	C.E.	S- SO ₄ ⁺²	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃	Cl ⁻	RAS	PST	Classi ficação o
	dS m ⁻¹ a 25°C					mmolc L ⁻¹					%	
7,2	0,5	0,95	1,72	2,71	0,61	1,17	0,00	17,1	9,8	0,41	0,0	Normal

C.E.: Condutividade Elétrica a 25° C; RAS: Relação de Adsorção de Sódio; PST: Percentagem de Sódio Trocável.

2.4 AQUISIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL E EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

As sementes de pimentão utilizadas na semeadura foram da cultivar *Magistral* pertencente à empresa *Seminis*, que apresenta plantas vigorosas de coloração verde, produz frutos retangulares, firmes e grandes, de polpa espessa e de coloração verde-escuro, tornando-se vermelhos quando maduros, além de possuírem elevada produtividade e bom desempenho pós-colheita e resistência a doenças. As sementes foram colocadas para germinar em uma estufa

comercial especializada na produção de mudas em bandejas, localizada no município de São Sebastião de Lagoa de Roça - PB, onde se utilizou bandejas de poliestireno expandido com 200 células preenchidas com substrato comercial Mecplant. Quando as mudas atingiram de quatro a seis folhas definitivas, aproximadamente 35 dias após a semeadura (DAS), foram transplantadas para vasos com capacidade de 11 dm³, preenchidos com 10 kg de solo, sendo cultivada uma planta por vaso.

A adubação de NPK foi realizada conforme as recomendações de Novais, Neves e Barros (1991) para cultivos de plantas em vasos, correspondendo a 100 mg de N kg⁻¹, 300 mg de P₂O₅ kg⁻¹ e 150 mg de K₂O kg⁻¹ de solo. A uréia foi utilizada como fonte de N, o fosfato monoamônico (MAP) como fonte fósforo e o cloreto de potássio (KCl) como fonte de potássio. A adubação com N e P₂O₅ foi dividida em cinco aplicações, que foram realizadas aos 15, 30, 45, 60 e 75 DAS, já a adubação com K₂O foi dividida em três aplicações, aos 45, 60 e 75 DAS. Para suprir as necessidades de micronutrientes pelas plantas, a cada duas semanas foi aplicado via foliar 2,5 g L⁻¹ de um produto comercial com a seguinte composição: N (15%), P₂O₅ (15%), K₂O (15%), Ca (1%), Mg (1,4%), S (2,7%), Zn (0,5%), B (0,05%), Fe (0,5%), Mn (0,05%), Cu (0,5%) e Mo (0,02%).

A solução do bioestimulante foi aplicada via foliar com um atomizador de polipropileno, com capacidade de 350 mL, através da diluição das doses do bioestimulante em água destilada com o auxílio de micropipetas de 1000 µL. A primeira aplicação foi realizada aos 7 dias após a emergência das plântulas e as demais aplicações foram realizadas em um intervalo de 7 dias, ao final da tarde, até o início da colheita dos frutos, que se deu aos 90 DAS.

As práticas culturais consistiram em capina manual, sempre que necessária, tutoramento das plantas utilizando estacas de bambu, e aplicação preventiva de fungicidas do grupo químico triazol.

A irrigação com águas salinas foi iniciada aos 15 dias após o transplântio, o que equivale aos 50 DAS. Na indução do estresse salino, foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), nas concentrações de 0, 960, 1600, 2240 e 2880 mg L⁻¹ para atingir as condutividades de 0,53 (água de abastecimento; controle); 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, cujos valores foram verificados com auxílio de um condutivímetro digital. A condutividade elétrica das soluções de NaCl foi obtida de acordo a equação de Rhoades; Kandiah; Mashali (2000), onde: $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = CEa \times 640$, em que CEa (dS m⁻¹) representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

As irrigações foram realizadas no final da tarde (17 h), seguindo um turno de rega de dois dias em que cada tratamento recebeu um volume de irrigação próprio, corrigido a cada irrigação, com base no consumo de água das plantas na irrigação anterior, dividindo-se o

volume estimado pelo fator 0,9. Assim, foi restabelecida a umidade do solo à capacidade de campo, obtendo-se uma fração de lixiviação (FL) de aproximadamente 0,1 para todos os tratamentos, como sendo: $V_i = V_a - V_d / 1 - FL$, em que: V_i é o volume de água a ser aplicado na irrigação, em mL; V_a – o volume de água aplicado na irrigação anterior, em mL; V_d – o volume de água drenado na irrigação anterior, em mL. A água drenada foi coletada na manhã do dia seguinte à irrigação, medindo-se o volume lixiviado, a partir de coletores instalados em cada vaso.

Tabela 5 - Análise de salinidade da água de abastecimento utilizada no experimento. Areia – PB. UFPB, 2022.

pH	C.E.	S- SO ₄ ⁺²	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃	Cl ⁻	RAS	Classificação
dS m ⁻¹ a 25°C			----- mmol _c L ⁻¹ -----								
7,3	0,53	0,07	0,70	3,01	0,40	0,73	0,00	3,10	3,20	3,56	C2S1

C.E.: Condutividade Elétrica a 25° C

RAS: Relação de Adsorção de Sódio.

2.5 ANÁLISES DE CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO

As características de crescimento referentes à altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) foram mensuradas semanalmente após o início dos tratamentos. A área foliar foi determinada conforme Reis et al. (2013).

Após o início da frutificação foram realizadas colheitas sucessivas dos frutos a cada três dias, obtendo-se o número de frutos (frutos por planta) e o peso médio de fruto (PMF).

A produtividade estimada dos frutos de pimentão por hectare foi obtida pela seguinte fórmula: Produção (toneladas/ha) = [(NMF x PMF x NP/ha) / 1000]

Em que: NMF = número médio de frutos por planta;

PMF = Peso médio de frutos por planta (kg);

NP ha⁻¹ = Número de plantas por hectare (ha);

1000 = conversão de quilos (kg) para toneladas (t).

O número de plantas por ha, por sua vez, foi obtido através da seguinte fórmula: Número de plantas por hectare = Plantas por metro linear x 10.000 / Espaçamento. O espaçamento adotado neste experimento foi de 0,5 m por vaso por planta.

2.6 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA

Com a estabilização da produção, ao final do ciclo da cultura, as plantas foram coletadas, separadas em folhas, caules e raízes e colocadas para secar em estufa a 65 °C até massa constante, obtendo-se assim, a massa seca de cada parte da planta.

2.7 TROCAS GASOSAS, FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA E ÍNDICE DE CLOROFILAS

As avaliações foram realizadas entre 40 e 60 dias após o transplântio (DAT). As trocas gasosas foram medidas entre 9:00 e 10:00 horas com um analisador de gás no infravermelho - IRGA (LI-6400XT, LI-COR®, Nebraska, USA) com fluxo de ar de 400 $\mu\text{mol s}^{-1}$ e fonte de luz natural. Foram obtidos os seguintes parâmetros: taxa de assimilação líquida do CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração de CO_2 nos espaços intercelulares (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), temperatura foliar (T_f , $^{\circ}\text{C}$), eficiência no uso da água ($\text{EUA} = A/E$), eficiência intrínseca do uso da água ($\text{EiUA} = A/g_s$) e eficiência instantânea de carboxilação ($\text{EiC} = A/C_i$).

A fluorescência da clorofila a foi determinada com um fluorômetro não modulado (Opti-Sciences Inc.- Modelo OS-30p, Hudson, USA) em folhas adaptadas ao escuro por 30 minutos utilizando pinças foliares. Através deste fluorômetro foi mensurado o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m).

O índice de clorofila a , b e total foram determinados pelo método não destrutivo, com um clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), tendo os valores dimensionados em índice de clorofila Falker (ICF). A relação entre os teores da clorofila a/b foi obtida a partir da divisão dos valores da clorofila a pela b .

2.8 CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA (CRA%) E EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS (EL%)

O conteúdo relativo de água na folha foi realizado aos 65 DAS de acordo com a metodologia descrita por Gomes et al. (2013). Foram coletados seis discos foliares de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro. Os discos foram pesados inicialmente (massa fresca, MF), mantidos por 24 h em um recipiente com água para atingir a saturação (massa túrgida, MT) e, posteriormente, secos em estufa a 80 $^{\circ}\text{C}$ por 48 h (massa seca, MS). O conteúdo relativo de água foi calculado como: $\text{CRA} = (\text{MF} - \text{MS} / \text{MT} - \text{MS}) \times 100$.

O EL% foi determinado conforme descrito por Houimli et al. (2010). Discos da terceira folha foram lavados com água deionizada, imersos em 20 mL de água deionizada e incubados a 25 $^{\circ}\text{C}$ durante 24 h. Após esse tempo, a condutividade elétrica (CE1) da solução foi registrada. As amostras foram então secadas em estufa a 90 $^{\circ}\text{C}$ durante 90 min para extrusão completa dos tecidos e liberação de todos os eletrólitos. As amostras foram então resfriadas a 25 $^{\circ}\text{C}$ e a condutividade elétrica final (CE2) medida. O EL% foi calculado como: $\text{EL} = \text{CE1} / \text{CE2} \times 100$.

2.9 EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES ORGÂNICOS

A extração e quantificação dos componentes orgânicos foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal (LEV) do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL). As amostras foliares foram coletadas aos 85 dias após a semeadura (DAS). O extrato para quantificação da prolina da folha, açúcares solúveis totais e aminoácidos foi obtido a partir de 100 mg de material vegetal de folhas frescas com 5 mL de MCW (metanol: clorofórmio: água) na proporção 12:5:3, de acordo com a metodologia proposta por Bieleski e Turner (1966). O extrato para dosagem de proteína foi preparado a partir de material precipitado durante a preparação do extrato MCW. O precipitado foi homogeneizado em 10 mL de NaOH 0,1 N, com agitação vigorosa em um agitador de tubos e armazenado sob refrigeração por 24 h para extração de proteínas. Por fim, o extrato foi centrifugado a 4.000 x g por 9 minutos e o sobrenadante foi armazenado em um freezer a -20 °C. A quantificação da prolina foi realizada de acordo com as recomendações de Rena e Masciotti (1976). Os açúcares solúveis totais foram quantificados pelo método colorimétrico fenol-sulfúrico de Dubois et al. (1956). A metodologia de Yemm e Cocking (1955) foi seguida para a quantificação de aminoácidos. A determinação do conteúdo de proteína foi realizada de acordo com a metodologia de Bradford (1976) por meio do método de ligação da proteína ao Coomassie Brilliant Blue G-250.

2.10 ATIVIDADE DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES

As amostras para análise bioquímica foram coletadas nas mesmas folhas em que as trocas gasosas foram medidas. A atividade da catalase (CAT) foi determinada de acordo com a metodologia adotada por Havir e Mchale (1987), com algumas modificações. O extrato foi obtido a partir de 100 mg de material fresco da folha e adicionado a 2 ml do tampão de extração contendo 50 mM (tampão de fosfato de potássio - PPB; pH 7,5), 100 mg de polivinilpolipirrolidona (PVPP) e água deionizada. A reação começou após a adição do extrato da planta na cubeta de quartzo. As leituras foram realizadas na absorbância de 240 nm, durante 1 minuto, observando a diminuição da concentração de H₂O₂. Foi adotado um coeficiente de extinção de H₂O₂ de 36 mM⁻¹ cm⁻¹ a 240 nm. Os valores foram expressos em uma unidade de CAT min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi determinada de acordo a metodologia adotada por Nakano e Asada (1981), com algumas modificações. O extrato foi obtido a partir de 100 mg de material fresco da folha e adicionado em 2 ml do tampão de extração contendo 50 mM PPB (pH 7,5), 2 mM de EDTA, 20 mM de ascorbato de sódio, 0,1% de triton X 100 at,

100 mg de PVPP suplementado com água deionizada. A reação foi iniciada após a adição do extrato da planta na cubeta de quartzo. As leituras de absorbância foram realizadas a 290 nm por 1 minuto, observando a diminuição da concentração de ascorbato. Um coeficiente de extinção de ascorbato de ascorbato de $2,8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ a 290 nm, e os valores foram expressos em unidades de $\text{APX min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

2.11 QUANTIFICAÇÃO DE PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS

O nível de peroxidação lipídica das membranas celulares nos tecidos das folhas foi medido em termos de conteúdo de malondialdeído (MDA, um produto de lipoperoxidação), determinado pela reação do ácido tiobarbitúrico (TBA), de acordo com o método descrito por Dhindsa (1982), com algumas modificações.

Amostras de folhas de 150 mg foram maceradas com nitrogênio líquido e homogeneizadas em 2,5 ml de ácido tricloroacético (TCA; m/v) a 0,1%. O homogenato foi transferido para microtubos e centrifugado a 15.000 g por 10 minutos a 4°C. Uma alíquota de 500 µl do sobrenadante foi colocada em tubos de ensaio com tampas, e 2,0 ml de TCA (20%) contendo 0,5% de TBA. A mistura foi aquecida a 90°C por 15 min e resfriada em gelo para interromper a reação. As amostras foram centrifugadas novamente a 10.000 rpm por 10 minutos, e a absorbância do sobrenadante a 532 e 600 nm foi determinada em espectrofotômetro. A concentração de MDA foi calculada usando o coeficiente de extinção molar de $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (HEATH e PACKER, 1968).

2.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e, quando observado efeito significativo, os níveis de salinidade da água foram submetidos à regressão polinomial e as dosagens do bioestimulante foram submetidas ao Teste de Tukey através do software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE O ACÚMULO DE BIOMASSA, PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO EM PLANTAS DE PIMENTÃO

A tabela 6 (material suplementar) mostra que houve efeito significativo entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para as variáveis de matéria seca das folhas, caules, raízes e total nas plantas de pimentão avaliadas no presente experimento.

O acúmulo de matéria seca das plantas foi influenciado pelo aumento dos níveis de condutividade elétrica, tendo reduzido drasticamente com aumento das CEs (Figura 2). Entretanto, as plantas tratadas com o bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas (PHs) nas doses de 0,3 e 0,6 mL apresentaram maiores acúmulos de biomassa de uma maneira geral.

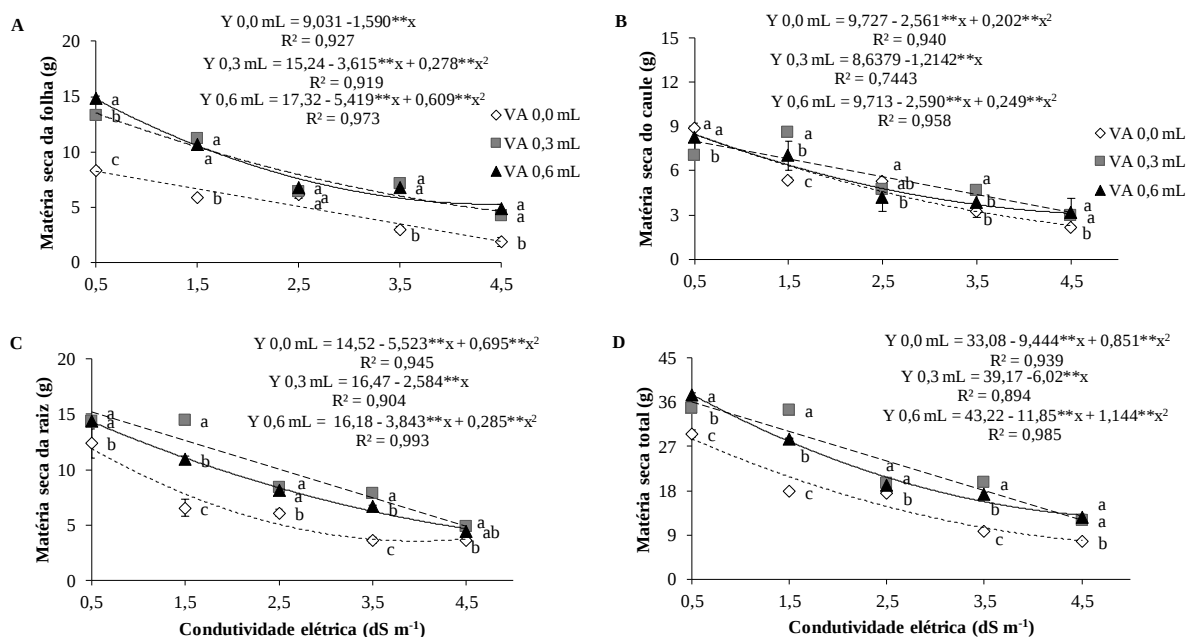


Figura 2 - Acúmulo de matéria seca da folha (A), do caule (B), da raiz (C) e total (D) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade

Entre os níveis salinos de 0,5, 1,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, a matéria seca foliar foi significativamente maior em plantas tratadas com o PH, tendo aumentos de 59,59 e 77,29% nas doses de 0,6 e 0,3 mL ao nível de 0,5 dS m⁻¹, e de 85,72, 134,26 e 144,32% para ambas as doses nas CEs de 1,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 2 A).

Quanto ao acúmulo da matéria seca do caule, foi observado que a dose de 0,3 mL do PH proporcionou às plantas de pimentão os maiores incrementos registrados nas CEs de 1,5 e 3,5 dS m⁻¹, e também na de 4,5 dS m⁻¹, juntamente com a dose de 0,6 mL, havendo incremento de 60,15, 42,67 e 40,81%, respectivamente, em relação à dose de 0 mL (controle) (Figura 2 B).

Em todas as CEs, o acúmulo de matéria seca da raiz foi maior em plantas que receberam o PH, com destaque para a dose de 0,3 mL, que apresentou maior acúmulo nas CEs de 1,5, 3,5

e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, com valores de 121,98, 117,65 e 33,44% em comparação com a dose de 0 mL. Nas CE's de 0,5 e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, ambas as doses tiveram incrementos de 16,50 e 36,18% de matéria seca da raiz (Figura 2 C).

Em relação ao acúmulo de matéria seca total, a dose de 0,3 mL proporcionou às plantas maiores acúmulos nas CE's de 1,5 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, com aumento de 92,96 e 100% em relação a dose 0 mL. Para o nível de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, o maior acúmulo foi observado em plantas tratadas com a dose de 0,6 mL, com 26,77%. Com as CE's em 2,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, ambas as doses proporcionaram acúmulo de biomassa de 10,77 e 60,30% a mais que a dose de 0 mL (Figura 2 D).

Também de acordo com a tabela 6, houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para a produtividade estimada, número de frutos e peso dos frutos.

A alta salinidade prejudicou significativamente a produtividade dos pimentões (figura 3 A). Com o aumento gradativo das CE's de 0,5 para $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, houve uma redução média de 97% da produtividade estimada dos frutos de pimentão independentemente do tratamento empregado. Por outro lado, ao comparar o desempenho produtivo das plantas em cada CE analisada, verificou-se que as plantas que receberam a aplicação do PH nas doses de 0,3 e 0,6 mL aumentaram em 21 e 43% a produtividade nas CE's de 0,5 e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, e 203 (0,3 mL) e 198% (0,6 mL) na CE de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ em comparação às plantas controle.

O número de frutos por planta também foi prejudicado pela salinidade (figura 3 B). Entre os níveis de 0,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve diminuição em 68,9% do número de frutos para as plantas que receberam a dose de 0,6 mL do PH e em 84,3% para as plantas controle e aquelas que receberam a dose de 0,3 mL do PH. Comparando-se as plantas controle e as plantas que receberam a aplicação do PH em cada nível salino, notou-se aumento de 23,3 e 121,7% no número de frutos em plantas com a dose de 0,6 mL do bioestimulante nas CE's de 0,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Na CE de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, plantas que receberam a dose de 0,3 mL aumentaram em 50% a quantidade de frutos produzidos, e na CE de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, ambas as doses do PH proporcionaram aumento em 30% no número de frutos.

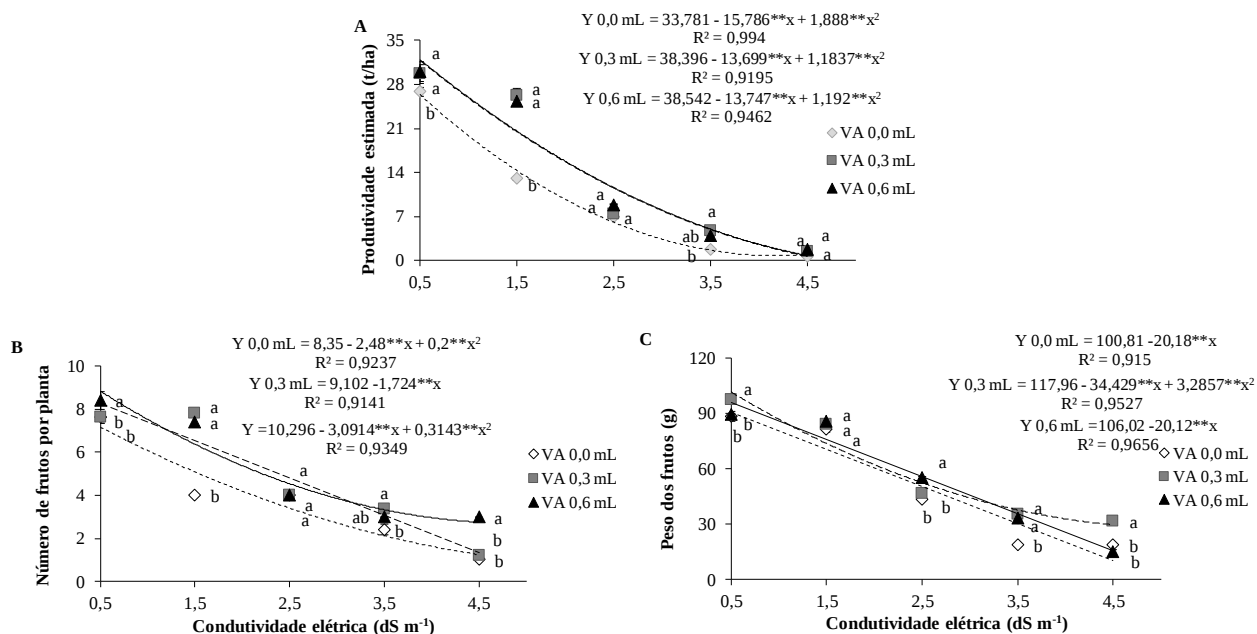


Figura 3 - Produtividade estimada (A), número de frutos (B) e peso dos frutos (C) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

Nas plantas controle e naquelas que receberam a dose de 0,6 mL do PH, o peso do fruto foi diminuído em 85% com o aumento das CE entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, e em 71% em plantas com a dose de 0,3 mL do PH (figura 3 C). Nas CEs de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, os frutos mais pesados foram os das plantas com a dose de 0,3 mL do PH, cujo aumento foi de 7 e 121%, respectivamente, em comparação com as plantas controle. Na CE de 2,5 dS m⁻¹, houve aumento de 26% no peso dos frutos das plantas com 0,6 mL do PH, e na CE de 3,5 dS m⁻¹ ambas as doses proporcionaram aumentos em 32% no peso dos frutos em comparação às plantas controle.

Houve efeito significativo entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, área foliar e número de folhas nas plantas avaliadas nesse experimento (tabela 6).

A salinidade afetou negativamente a morfologia das plantas de pimentão (Figura 4). Entre a menor e a maior CE, levando em consideração as doses de 0, 0,3 e 0,6 mL do PH, respectivamente, houve redução de 31,91, 24,92 e 21,24% na altura de plantas, 31,45, 23,21 e 17,15% no diâmetro do caule e 27,97, 12,35 e 48,58% na área foliar (Figuras 4 A, B e C). No número de folhas, essa redução foi de 22,75 e 24,34% nas doses de 0 e 0,6 mL do PH (Figura 4 D). Na CE de 1,5 dS m⁻¹, foram registrados aumentos em 3,79, 26,10 e 9,29% no diâmetro do caule, área foliar e número de folhas para a dose de 0,3 mL do PH em relação ao nível de

0,5 dS m⁻¹ (Figuras 4 A, B e D). Na CE de 2,5 dS m⁻¹ também houve aumento de 31,15% no número de folhas em relação ao nível de 0,5 dS m⁻¹ na dosagem 0,3 mL do PH (Figura 4 D).

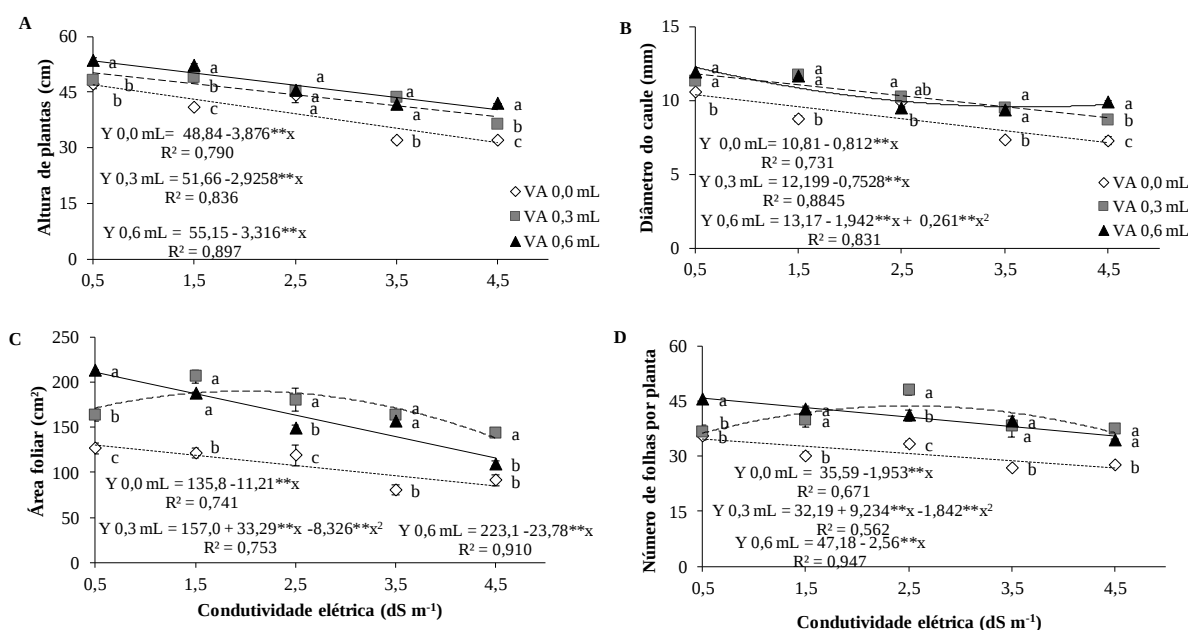


Figura 4 - Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C) e número de folhas (D) por plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

Comparando-se as plantas que receberam as doses do PH às que não receberam, foi possível observar que na altura de plantas, aquelas que receberam as dosagens do PH apresentaram os maiores crescimentos em diferentes níveis de água salina (Figura 4 A). Na CE de 0,5 dS m⁻¹, por exemplo, plantas que receberam a dose de 0,6 mL cresceram 6,33 cm (53,33 cm) a mais que àquelas do tratamento controle (47 cm), esse aumento foi de 13,46%. Na CE de 1,5 dS m⁻¹, plantas com doses de 0,6 e 0,3 mL apresentaram aumentos nas médias de alturas em 27,58 e 19,60% (52 e 48,75 cm), em comparação àquelas com dose 0 mL, que tiveram altura de 40,76 cm. O mesmo comportamento foi observado nas CEs de 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, em que as plantas com as doses do PH apresentaram valores médios de altura superiores em 32,81% (CE de 3,5 dS m⁻¹ para ambos os tratamentos) e em 31,25 e 13% (para as doses 0,6 e 0,3 mL na CE de 4,5 dS m⁻¹, resectivamente) em relação às plantas sem o bioestimulante, que apresentaram médias de 32 cm (Figura 4 A).

O diâmetro do caule também foi maior em plantas que receberam a aplicação foliar do PH ao longo dos níveis salinos (Figura 4 B) com exceção da CE de 2,5 dS m⁻¹. Nas CEs de 0,5; 1,5 e 3,5 dS m⁻¹, plantas que receberam ambas as doses do PH tiveram aumento em 9,60; 32,68

e 28,06% respectivamente no diâmetro do caule. Na CE de 4,5 dS m⁻¹, houve diferença estatística entre as doses, tendo a dose de 0,6 mL um aumento de 35,99% e a dose de 0,3 mL de 19,51% em comparação à dose de 0 mL.

Em todas as CEs, as plantas que receberam o PH apresentaram maiores áreas foliares e números de folhas (Figura 4 C e D). Para a área foliar, na CE de 0,5 dS m⁻¹, plantas que receberam o PH nas doses de 0,3 e 0,6 mL tiveram aumento de 68,71 e 29,22%, respectivamente. Nas CEs de 1,5 e 3,5 dS m⁻¹, os tratamentos com as doses do PH foram estaticamente iguais, com aumentos de 61,93 e 99,60% (Figura 4 C), e nas CEs de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹, o aumento foi de 51,71 e 25,61% e de 57,06 e 20,44% nas doses de 0,3 e 0,6 mL, respectivamente. Plantas tratadas com as doses de 0,3 e 0,6 mL tiveram aumentos de 38,42; 45,15 e 30,93% no número de folhas nas CEs de 1,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹. A dose de 0,6 mL proporcionou maior aumento na CE de 0,5 dS m⁻¹ (26,67%), enquanto a dose de 0,3 foi melhor na CE de 2,5 dS m⁻¹ (47,71%) (Figura 4 D).

3.2 EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE AS TROCAS GASOSAS NO PIMENTÃO

De acordo com a tabela 6, houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para A, Ci, E, gs, A/gs, A/E e A/Ci. Para a taxa de assimilação de CO₂ (A), um comportamento quadrático foi observado nas doses de 0,0 e 0,6 mL do PH aplicadas nas plantas de pimentão, com diminuição de 41,68% e 20,82% entre a menor (0,5 dS m⁻¹) e a maior (4,5 dS m⁻¹) CE, respectivamente (Figura 5 A). Contudo, para a dose de 0,6 mL houve aumento de 29,72% em A no nível de 1,5 dS m⁻¹. Em relação à dose de 0,3 mL do PH, foi observado um comportamento linear na qual a taxa de assimilação de CO₂ diminuiu em 16,64% entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ de CE.

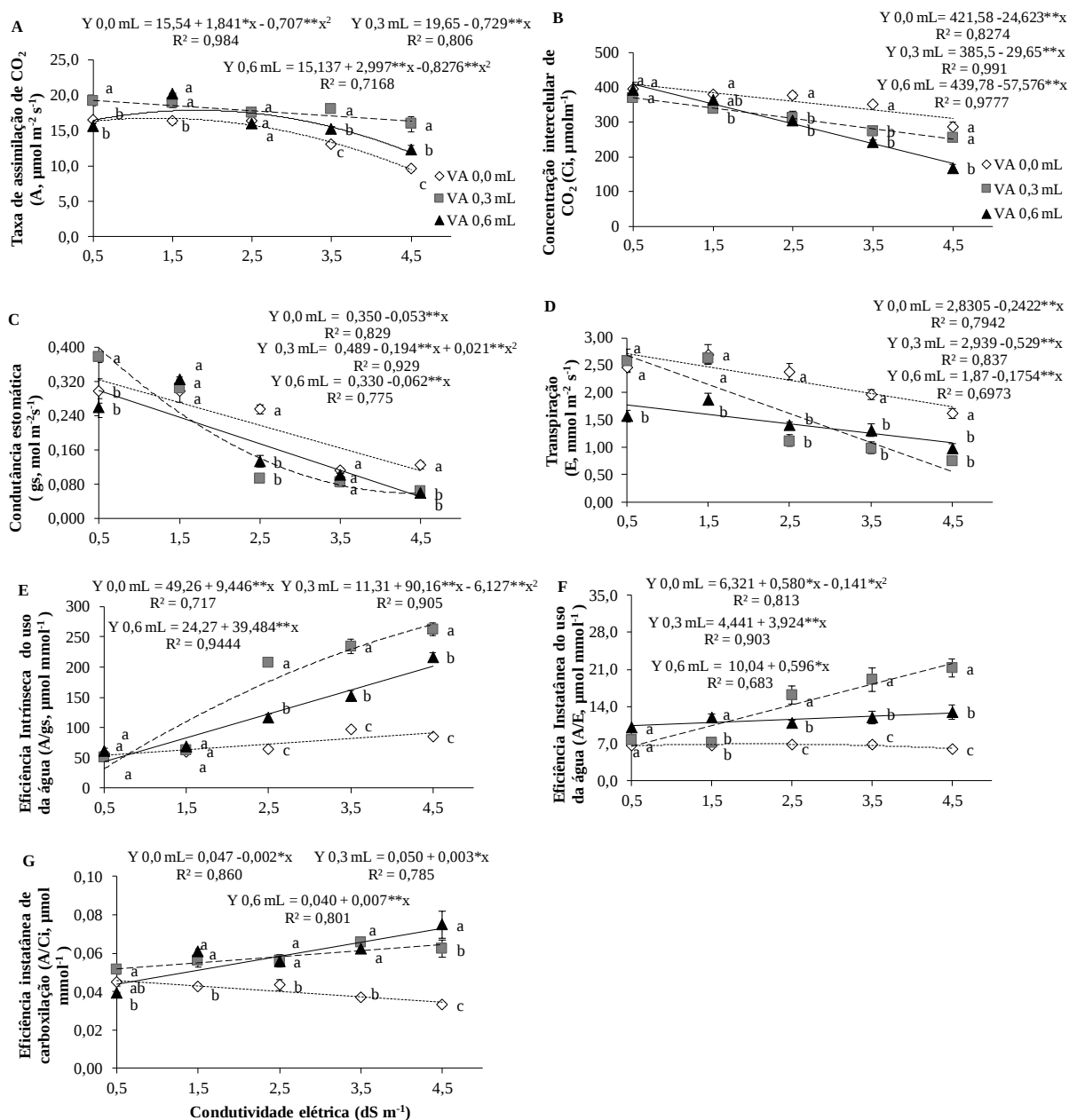


Figura 5 - Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), Concentração intercelular de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), eficiência intrínseca (A/gs) e instantânea (A/E) do uso da água, eficiência de carboxilação instantânea (A/Ci) e conteúdo relativo de água (CRA%) de plantas de *Capsicum annum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

Comparando o desempenho dos tratamentos dentro de cada nível de salinidade, verificou-se que o bioestimulante aplicado na dose de 0,3 mL foi melhor em todas as condutividades elétricas aplicadas, de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹ para A, superando o tratamento controle (0,0 mL) em 16,09; 15,82; 7,00; 37,71 e 65,93%, respectivamente. O bioestimulante aplicado

na dose de 0,6 mL também proporcionou às plantas maiores atividades fotossintéticas em relação às do tratamento controle nos níveis 1,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹ de CE (Figura 5 A).

A concentração intercelular de CO₂ (*C_i*), que foi ajustada para o modelo polinomial linear nas doses de 0, 0,3 e 0,6 mL do PH, exibiu diminuições de 27,32, 31,20 e 57,52% em plantas das respectivas doses de 0, 0,3 e 0,6 mL do PH, entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ de CE (Figura 5 B). A *C_i* foi maior em plantas com a dose de 0 mL entre as condutividades elétricas de 1,5 e 4,5 dS m⁻¹, com aumento de 11,22, 16,65, 30,81 e 42%, respectivamente, em comparação às plantas com as doses de menor desempenho nesses níveis de CE.

A *g_s* e *E* diminuíram à medida em que os níveis de salinidade aumentaram a partir de 2,5 dS m⁻¹, com plantas da dose de 0,0 mL apresentando médias superiores às das demais doses do PH em 50% e 53,85%, respectivamente, nas concentrações de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹ para *g_s*, não havendo diferença estatística entre os tratamentos na CE de 3,5 dS m⁻¹ (Figuras 5 C e D). Para *E*, observou-se que as plantas da dose de 0,0 mL apresentaram médias superiores em 52,94; 41,62 e 53,70% nas concentrações de 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹ respectivamente, comparando-se às das doses de 0,3 e 0,6 mL, que não diferiram entre si. Plantas de pimentão que receberam a dose de 0,6 mL apresentaram menores médias no nível de 0,5 dS m⁻¹ para ambas *g_s* e *E*, e no nível de 0,3 dS m⁻¹ para *E*, com valores inferiores em 31,58; 39,15 e 29,79%, respectivamente, em relação às das demais doses (Figuras 5 C e D).

Plantas de pimentão tratadas com PH nas doses de 0,3 e 0,6 mL aumentaram a eficiência intrínseca e instantânea do uso da água, assim como a eficiência instantânea de carboxilação na medida em que os níveis de salinidade também aumentaram (Figuras 5 E, F e G). Em *A/g_s*, os aumentos foram de 219,67; 140,28 e 208,71% para a dose de 0,3 mL e de 79,11; 55,64 e 155,26% para a dose de 0,6 mL em comparação à dose 0 mL a partir de 2,5 dS m⁻¹ até 4,5 dS m⁻¹. Em *A/E*, os aumentos foram de 134,4; 178,98 e 256,45% para a dose de 0,3 mL entre os níveis de 2,5 e 4,5 dS m⁻¹, e de 70,43; 57,91; 74,38 e 117,59% para a dose de 0,6 mL entre os níveis de 1,5 e 4,5 dS m⁻¹. Em *A/C_i*, os aumentos foram de 31,45; 29,33; 76,69 e 87,09% para a dose de 0,3 mL e de 52,58; 28,87; 68,56 e 124,92% para a dose de 0,6 mL entre os níveis de 1,5 e 4,5 dS m⁻¹. A dose de 0,3 mL apresentou melhor desempenho em *A/g_s* e *A/E*, enquanto para *A/C_i*, as doses 0,3 e 0,6 mL não diferiram estatisticamente entre si nos níveis de CE de 1,5 a 4,5 dS m⁻¹.

3.3 EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE OS ÍNDICES DE CLOROFILA E FLUORESCÊNCIA DAS CLOROFILAS DE PLANTAS DE PIMENTÃO

De acordo com a tabela 6, houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para os índices de clorofila *a*, *b*, clorofila total, razão clorofila *a/b* e para a eficiência quântica potencial do FS II (Fv/Fm). Ao longo do estresse salino, plantas de pimentão que receberam as doses de 0,3 e 0,6 mL do PH apresentaram maiores índices de clorofila *a*, *b* e total (Figuras 6 A, B e C). Para a clorofila *a*, verificou-se aumento de 12,2, 8,54, 24,27 e 17,31% nas doses de 0,3 e 0,6 mL, nos níveis de CE de 1,5, 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente, em relação à dose de 0 mL (Figura 6 A). Para a clorofila *b*, esse aumento nas plantas com as doses de 0,3 e 0,6 mL foi de 45,44, 18,24, e 96,96% nos níveis de 1,5 a 3,5 dS m⁻¹ da água salina (Figura 6 B). Na água de irrigação de 4,5 dS m⁻¹, plantas que receberam a dose de 0,3 mL tiveram aumento na produção de clorofila *b* de 40,51% em relação às plantas da dose 0 mL. Com a dose de 0,6 mL para mesma água de irrigação, o aumento na produção desse pigmento foi de 20,58%.

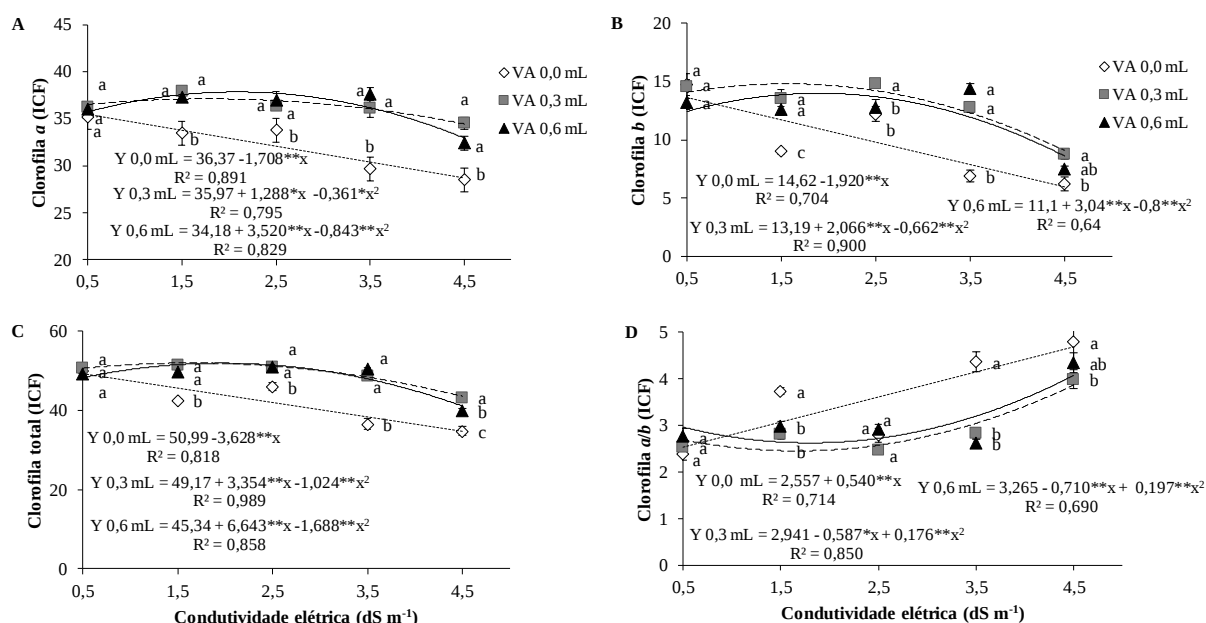


Figura 6 - Índice de clorofila *a* (A), *b* (B), total (C) e razão entre clorofila *a/b* (D) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

Para a clorofila total, verificou-se aumento em sua produção de 19,06, 11,01, e 35,84% nos níveis de CE de 1,5 à 3,5 dS m⁻¹, respectivamente, nas plantas que receberam as doses de

0,3 e 0,6 mL do PH. Enquanto no nível de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, esse aumento foi de 24,57% para as plantas com a dose de 0,3 mL e 14,79% para a dose 0,6 mL do PH em relação à dose 0 mL (Figura 6 C).

A razão clorofila a/b foi maior em plantas que não receberam a aplicação do PH nas CEs de 1,5, 3,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ superando as plantas que receberam o bioestimulante nas dosagens de 0,3 e 0,6 mL em 22,52, 37,61 e 13,07%, respectivamente (Figura 6 D).

No nível salino de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, as plantas do tratamento controle apresentaram a maior eficiência quântica potencial do fotossistema II (Fv/Fm), com um valor estimado de 0,792 (Figura 7). A Fv/Fm foi maior em plantas que receberam as dosagens de 0,3 e 0,6 mL do PH nas CEs de 3,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em comparação àquelas que não receberam o PH com valores médios estimados de 0,783 e 0,759 respectivamente. Não houve diferença estatística entre os tratamentos nos níveis salinos de 0,5 e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

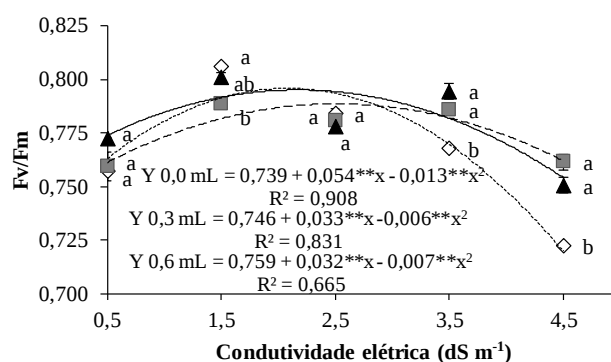


Figura 7 - Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

3.4 EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE O CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA NA FOLHA E COMPONENTES ORGÂNICOS FOLIARES

Houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para o conteúdo relativo de água e os conteúdos foliares de proteínas solúveis totais, aminoácidos, prolina, e açúcares solúveis totais de acordo com a tabela 6.

O CRA% decresceu linearmente com o aumento da salinidade (Figura 8). Porém, as plantas tratadas com a dose de 0,3 mL do bioestimulante apresentaram maiores CRA% nos níveis de 1,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, com aumentos de 4,13 e 6,98% em relação à das plantas com a dose

de 0 mL. Na CE de 3,5 dS m⁻¹, ambas as doses do PH (0,3 e 0,6 mL) apresentaram maior CRA%, com aumentos de 9,87% em relação à dose de 0 mL.

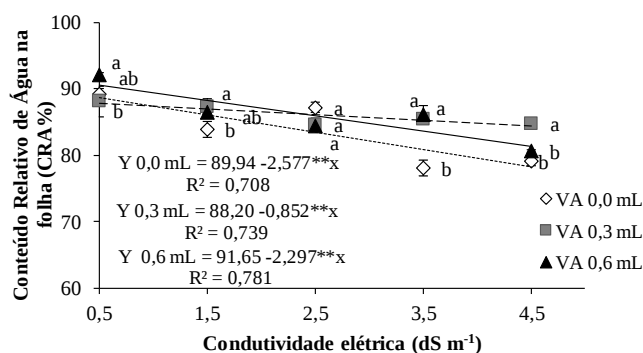


Figura 8 - Conteúdo relativo de água na folha (CRA%) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viúsid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.

Para o conteúdo de proteínas solúveis totais, foi observado um comportamento quadrático nas doses de 0,0, 0,3 e 0,6 mL do PH aplicadas nas plantas de pimentão, com diminuição de 46,66 e 4,01% nas doses de 0,0 e 0,6 mL, e aumento de 6,82% na dose de 0,3 mL do bioestimulante entre a menor (0,5 dS m⁻¹) e a maior (4,5 dS m⁻¹) CE (Figura 9 A). Comparando o desempenho dos tratamentos dentro de cada nível de salinidade, verificou-se que plantas que receberam a aplicação do bioestimulante apresentaram maiores conteúdos de proteínas solúveis totais em todas as condutividades elétricas aplicadas, de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹, superando o tratamento controle (0,0 mL) em 13,81; 8,93; 16,30; 43,01 e 112,26%, respectivamente. O PH aplicado na dose de 0,6 mL proporcionou às plantas os maiores conteúdos de proteínas no nível de 0,5 dS m⁻¹ de CE, enquanto no nível de 3,5 dS m⁻¹ de CE, a melhor dose foi a de 0,3 mL (Figura 9 A).

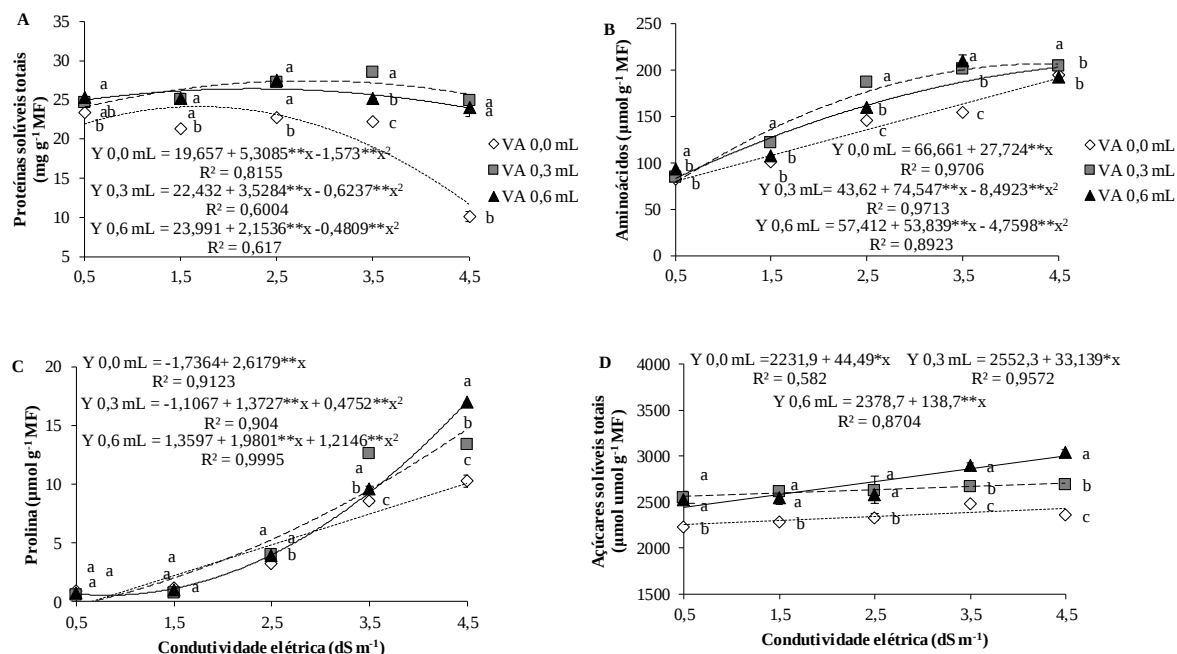


Figura 9 - Conteúdo de proteínas solúveis totais (A), aminoácidos (B), prolina (C) e açúcares solúveis totais (D) de folhas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

Para o conteúdo foliar de aminoácidos, também foi observado um comportamento quadrático nas doses de 0,0, 0,3 e 0,6 mL do bioestimulante, com aumentos de 137,72, 162,92 e 144,52%, respectivamente, entre a menor e a maior CE (Figura 9 B). Plantas de pimentão que receberam a dose de 0,3 mL do PH apresentaram maiores conteúdos de aminoácidos nas CEs de 1,5, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹, com aumentos de 25,95, 30,11 e 8,20% em comparação às plantas controle. Nas CEs de 0,5 e 3,5 dS m⁻¹, as plantas que receberam a dose de 0,6 mL apresentaram os maiores teores de aminoácidos, com aumentos de 3,25 e 14,6% em relação às plantas controle.

O conteúdo de prolina aumentou expressivamente à medida em que os níveis de salinidade aumentaram, com plantas apresentando acréscimos significativos de 2333,48, 4742,18 e 2416,41% entre as CEs de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, nas doses 0,0, 0,3 e 0,6 mL do PH, respectivamente (Figura 9 C). A partir da CE de 2,5 dS m⁻¹, as plantas de pimentão que receberam as doses de 0,3 e 0,6 mL do PH produziram maiores conteúdos de prolina em relação às plantas controle, com aumento de 18,30% nesse nível salino. Na CE de 3,5 dS m⁻¹, a melhor dose aplicada foi a de 0,3 mL, que aumentou em 36,25% o conteúdo de prolina das plantas, enquanto na CE de 4,5 dS m⁻¹, a melhor dose foi a de 0,6 mL, com aumento de 56,03% no conteúdo de prolina (Figura 9 C).

Com o aumento das condutividades elétricas de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹, o teor de açúcares solúveis totais também foi aumentado nas plantas de pimentão (Figura 5 D). Houve acréscimos de 7,89, 5,16, 22,01% para as plantas controle e as doses de 0,3 e 0,6 mL do PH, respectivamente. Contudo, comparando o desempenho dos tratamentos dentro de cada nível de salinidade, verificou-se que plantas que receberam a aplicação do bioestimulante apresentaram maiores teores de açúcares solúveis totais em todas as condutividades elétricas aplicadas, com aumentos de 12,88, 12,08 e 12,85% entre os níveis de 0,5 e 2,5 dS m⁻¹, em que as doses do bioestimulante foram estatisticamente iguais, e de 18,46 e 26,42% entre a dose de 0,6 mL e as plantas controle, nos níveis de 3,5 e 4,5 dS m⁻¹ (Figura 9 D).

3.5 EFEITO DA SALINIDADE E DO BIOESTIMULANTE SOBRE AS ENZIMAS ANTIOXIDANTES, EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS E PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS

Também houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para a atividade das enzimas antioxidantes catalase e ascorbato peroxidase e para o conteúdo de malondialdeído, de acordo com a tabela 6.

A atividade das enzimas catalase e ascorbato peroxidase foram aumentadas à medida em que os níveis salinos aumentaram (Figuras 10 A e B). Plantas tratadas com a dose de 0,3 mL do PH apresentaram maiores atividades de CAT nos níveis de 1,5 e 3,5 dS m⁻¹, com aumentos de 50 e 45% em relação às plantas com a dose de 0 mL. Na CE de 4,5 dS m⁻¹, ambas as doses do PH (0,3 e 0,6 mL) apresentaram maiores atividades de CAT, com aumentos de 41,67% em relação à dose de 0 mL.

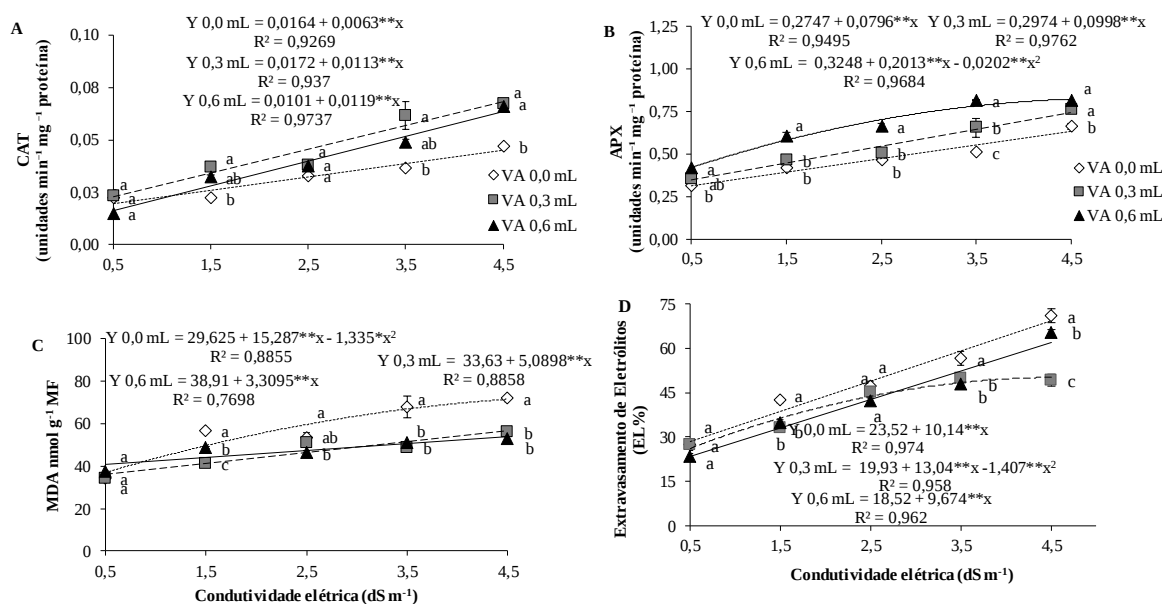


Figura 10 - Atividade de enzimas antioxidantes catalase (CAT, A) e ascorbato peroxidase (APX, B), conteúdo de malondialdeído (MDA, C) e extravasamento de eletrólitos (EL%, D) em folhas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.

Em relação à atividade da enzima APX, as plantas que receberam a dose de 0,6 mL do PH apresentaram maiores atividades dessa enzima em todas as CEs avaliadas, com aumentos de 32,35, 46,9 47,87, 47,94 e 23,49% entre as CEs de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, quando comparadas às plantas controle (Figura 10 B).

O conteúdo de malondialdeído das folhas de pimentão foram maiores nas plantas que não receberam a aplicação do PH, entre as CEs de 1,5 e 4,5 dS m⁻¹, em que essas plantas apresentaram aumentos de 16,72, 22,09, 22,96 e 20,80%, no MDA respectivamente, em relação às plantas que receberam aplicação do bioestimulante.

O extravasamento de eletrólitos foi maior à medida em que os níveis de salinidade aumentaram (Figura 10 B). No entanto, plantas de pimentão que receberam as doses de 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ do PH apresentaram reduções de 6,19 e 14,72% no extravasamento de eletrólitos na CE de 1,5 dS m⁻¹ em comparação às plantas do tratamento controle. O mesmo comportamento foi observado nas CEs de 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, em que as plantas de pimentão que receberam as doses de 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ do PH tiveram decréscimos de 14,66% e de 27,50 e 10,29%, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

Nas plantas, o estresse salino é um fator decisivo que afeta severamente o desempenho vegetal (crescimento, metabolismo e produtividade) por meio de mecanismos complexos e variáveis relacionados a diferentes vias metabólicas em diferentes órgãos (RAHNESHAN et al., 2018). Defeitos consideráveis ocorrem no crescimento, na fisiologia, na bioquímica e na produtividade de diferentes plantas cultivadas sob estresse salino (RAHNESHAN et al., 2018; BULGARI et al., 2019; HASSANEIN et al., 2019; LORENZO et al., 2019). Todos esses defeitos do estresse salino também foram observados em *Capsicum annum* L. cultivado sob estas condições estressantes (ALKAHTANI et al., 2020).

No presente estudo, o aumento das condutividades elétricas aplicadas levou a uma redução considerável no acúmulo de biomassa da matéria seca dos pimentões (Figura 2). Contudo, a aplicação foliar das doses 0,3 e 0,6 mL do bioestimulante derivado de hidrolisados de proteína (PHs) proporcionou às plantas maiores acúmulos de biomassa sob estas condições, assim como foi observado por Lucini et al. (2015), que demonstraram que um hidrolisado proteico derivado de plantas melhorou a tolerância à salinidade em plantas de alface, aumentando o rendimento e a biomassa de matéria seca. Diversos estudos relataram que o fornecimento de AAs e PHs é benéfico para a fase vegetativa de diferentes espécies, como tomate (*Solanum lycopersicum*), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e alface (*Lactuca sativa*) (EL-SHERBENY et al., 2013; ROUPHAEL et al., 2017; NAROOZLO et al., 2019; ALFOSEASIMÓN et al., 2020; DEWANG et al., 2022; MALÉCANGE et al., 2023). Os PHs podem promover o desenvolvimento da raiz e a biomassa de várias culturas (lírio, tomate, milho em vaso) (ERTANI et al., 2009; DE LUCIA et al., 2012; NARDI et al., 2016; POLO e MATA, 2018; SESTILI et al., 2018; ERTANI et al., 2019). Um modo de ação hipotético predominante dos PHs implica numa atividade semelhante à da auxina (COLLA et al., 2014). A auxina é um dos principais hormônios que impulsionam o crescimento e o desenvolvimento da raiz (UBEDA-TOMÁS et al., 2012; MALÉCANGE et al., 2023). Dessa maneira, sugere-se que o maior acúmulo de biomassa nas plantas de pimentão tratadas com o bioestimulante e submetidas às diferentes condutividades elétricas nesse estudo se deve à modificação que esse bioestimulante faz na morfologia da raiz semelhantemente ao ácido indolil acético (AIA), assim como relatado por Ertani et al. (2012).

Estes resultados também mostraram que a salinidade afetou negativamente a morfologia das plantas. A salinidade reduz a capacidade fotossintética total das plantas através da diminuição do crescimento das folhas e a inibição da fotossíntese, limitando sua capacidade de crescimento (YEO, 2007; MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). O estresse salino prejudica

o desenvolvimento de plantas através da redução na expansão da superfície foliar e considerável diminuição de biomassa fresca e seca das folhas e raízes. O incremento da salinidade é acompanhado de reduções significativas no peso da parte aérea, altura da planta, número de folhas por planta, no comprimento das raízes por planta (ESTEVES e SUZUKI, 2008; MACHADO e SERRALHEIRO, 2017) e no número, peso e produção dos frutos. Uma diminuição na biomassa vegetal, na área foliar e no crescimento foi observada em diferentes hortaliças sob estresse salino (ZRIBI et al., 2009; GIUFFRIDA et al., 2013; MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). Por outro lado, assim como também foi observado em outros estudos, a aplicação de PH aumentou a área foliar e o rendimento de várias espécies de plantas hortícolas (KISVARGA et al., 2022 e CARILLO et al., 2022).

Diversos trabalhos destacam um efeito positivo da aplicação de PHs, AAs isolados (prolina, triptofano) ou misturas de AAs (isolados ou combinados com micronutrientes) na regulação da floração, frutificação, rendimento e qualidade dos frutos (ABD EL-RAZEK et al., 2012; EL SAYED et al., 2014; PARADIKOVIĆ et al., 2019; MOHAMED et al., 2020; KHEIR et al., 2021; ANDREOTTI et al., 2022). O maior rendimento da cultura devido à aplicação do bioestimulante pode ser resultado de um melhor crescimento da raiz e de uma melhor absorção de nutrientes que favorecem o crescimento aprimorado das plantas e o atraso na senescência das folhas (ABBAS et al., 2022). Além disso, o aumento no rendimento pode ser resultado de um melhor desempenho geral resultante da divisão celular induzida, expansão da parede celular, melhor atividade meristemática, maior eficiência fotossintética e regulação mais eficiente da entrada de água nas células (ABBAS et al., 2022) promovidas pelo bioestimulante.

Nesse estudo, também foi observado que as plantas de pimentão quando expostas a níveis de CE entre 1,5 e 4,5 dS m⁻¹ de NaCl, vários parâmetros das trocas gasosas foram comprometidos, com redução na *A*, *C_i*, *E* e *g_s*, comportamento também observado por Martinez-Ballesta et al. (2004) em seus estudos sobre pimenteiras. As plantas utilizam diversos mecanismos para evitar o acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ em seus tecidos, um deles é o fechamento dos estômatos para minimizar a absorção de Na⁺ e Cl⁻ pelas raízes (CALZADA et al., 2022). Portanto, é possível afirmar neste estudo que as plantas de pimentão reduziram o fluxo de *E* para evitar o acúmulo de NaCl. Além disso, observou-se que a aplicação do bioestimulante atenuou os efeitos negativos do estresse salino nas trocas gasosas destas plantas.

De acordo com Calzada et al. (2022), o efeito tampão das misturas de aminoácidos desse PH contra os efeitos negativos do estresse salino em *A* está presumivelmente relacionado ao papel crucial dos aminoácidos na proteção de proteínas e fotossistemas. Resultados semelhantes também foram obtidos por Ren et al. (2020) e a própria Calzada et al. (2022), em que os autores

mostraram que a atividade fotossintética de plantas de girassol e de soja foi melhorada com a aplicação de arginina, triptofano, aspartato e glicina. Além disso, os aminoácidos podem atuar como osmólitos importantes para equilibrar o potencial osmótico celular e controlar o transporte de íons e a abertura dos estômatos (CALZADA et al., 2022). Por exemplo, a aplicação exógena de triptofano demonstrou aumentar *A*, *E* e *gs* de muitas culturas diferentes (CALZADA et al., 2022). Portanto, foi indicada que a aplicação foliar do bioestimulante melhoraria a tolerância fotossintética das plantas pimentão aos efeitos do estresse salino e reverteria alguns dos efeitos do estresse salino sobre as trocas gasosas.

Neste trabalho, observou-se que, com o agravamento do estresse salino, a *Ci* foi menor em plantas de pimentão tratadas com o bioestimulante do que em plantas testemunhas. Desta forma, a menor concentração interna de CO₂ mostra que a abertura estomática e a fotossíntese destas plantas estão em equilíbrio, pois, o CO₂ presente nas câmaras subestomáticas foi prontamente utilizado na fixação de carbono, não sendo observado seu acúmulo, fato que pode ser associado às funções do bioestimulante em promover um maior aproveitamento nutricional, além de contribuir na manutenção da atividade metabólica do vegetal (VAN OOSTEN et al., 2017; VASCONCELOS e CHAVES, 2019).

Com a intensificação do estresse salino, as eficiências intrínseca e instantânea do uso da água e a eficiência da carboxilação (Figuras 4 E, F e G) apresentaram ganhos pela aplicação do bioestimulante nas doses de 0,3 e 0,6 mL nas plantas, o que resultou no aumento da *A/gs*, *A/E* e *ECi* em relação às plantas testemunhas. O que demonstra um funcionamento adequado do fotossistema, provavelmente pelo bioestimulante contribuir para a atividade da ATPase e Rubisco na fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese. A este respeito, os bioestimulantes têm sido relatados no estímulo do crescimento vegetal por aumentarem o metabolismo das plantas, melhorando a fotossíntese, e a crescente absorção de nutrientes do solo (YAKHIN et al, 2017). Por conta disso, estes bioestimulantes permitem melhorar a eficiência do uso da água e de nutrientes das culturas, estimulando às plantas a combaterem os efeitos nocivos dos estresses bióticos e abióticos (BULGARI et al, 2015; VAN OOSTEN et al., 2017; YAKHIN et al., 2017 e CARADONIA et al., 2019).

Os resultados obtidos nesse estudo evidenciaram que as diferentes condutividades elétricas aplicadas reduziram o índice de clorofila (clorofila *a*, *b* e total) em plantas de pimentão, no entanto, essa diminuição foi menos acentuada com a aplicação foliar do bioestimulante. Foi documentado que a diminuição do conteúdo de clorofila, resultando em senescência, pode ocorrer durante o estresse salino, conforme evidenciado em outras hortaliças cultivadas em condições de salinidade (LUCINI et al., 2015; D'AMATO e DEL BUONO, 2021). Em

particular, a síntese de clorofila pode ser muito sensível a várias condições de estresses como o estresse osmótico e, em seguida, pode passar por vias de degradação que também são mediadas por enzimas (D'AMATO e DEL BUONO, 2021). Por outro lado, a aplicação foliar desse bioestimulante também melhorou o índice de clorofila de plantas de soja submetidas a salinidade (CALZADA et al., 2022). Tal efeito na clorofila não é incomum quando estimulantes são aplicados em plantas que crescem em condições estressantes e pode depender da presença de metabólitos específicos que podem proteger esse pigmento da degradação ou estimular sua biossíntese (MARTYNENKO et al., 2016).

Vale a pena mencionar a relação da clorofila *a/b*, que geralmente é de cerca de 3 e está relacionada às quantidades de clorofila associadas aos fotossistemas (D'AMATO e DEL BUONO, 2021). Se essa proporção aumentar, isso indica mudanças ambientais e estresse ou estímulos externos (D'AMATO e DEL BUONO, 2021). Este trabalho mostrou aumentos significativos nessa proporção no pimentão exposto ao NaCl, principalmente quando o estresse foi imposto sem o bioestimulante. É importante considerar esse efeito, pois o complexo clorofila-proteína que tem a função de coletar luz, está positivamente relacionado à atividade do fotossistema II (PSII) (SONOBE et al., 2020). Portanto, os resultados mostram que o bioestimulante pode ajudar a planta a lidar com o estresse salino, estimulando o conteúdo de clorofila *a* e a atividade do PSII, assim como foi observado por Sonobe et al. (2020) e D'Amato e Del Buono (2021), ao utilizarem outros bioestimulantes baseados em aminoácidos.

O estresse osmótico causado pela salinidade resulta em um menor desempenho fotossintético (F_v/F_m) (BULGARI et al., 2015; ur REHMAN et al., 2021). De acordo com os resultados obtidos, a eficiência quântica foi reduzida em plantas de pimentão submetidas ao estresse salino, no entanto, as plantas que receberam aplicação do bioestimulante foram menos afetadas. Esse efeito positivo pode estar associado às misturas de aminoácidos presentes no produto, que pode ser explicado pelo papel potencial dos AAs na eliminação de ROS, diminuindo assim o dano oxidativo causado pelo estresse salino no aparato fotossintético (ALI et al., 2019; Rizwan et al., 2019, Calzada et al., 2022). Além disso, o efeito da arginina e da glicina no aumento dos pigmentos fotossintéticos também foi observado na soja (*Glycine max*) (CALZADA et al., 2022), no milho (*Zea mays*) (MUSTAFA et al., 2018), no girassol (*Helianthus annuus*) (RAMADAN et al., 2019) e ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) (FREITAS et al., 2022).

Os dados também revelaram os efeitos deletérios da salinidade sobre o CRA% nas diferentes condutividades elétricas avaliadas. Isso pode ser devido à influência prejudicial da salinidade na estrutura da parede celular (WANG e NIL, 2000; ALKAHTANI et al., 2020).

Esse efeito causa mudanças nas propriedades da parede celular, a redução do potencial osmótico e a diminuição do balanço hídrico (PARVIN et al, 2019; ALKAHTANI et al., 2020), consequentemente reduzindo o CRA% no pimentão (ABDELAAL et al, 2020; ALKAHTANI et al., 2020). No entanto, esse efeito foi atenuado pela aplicação desse bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas e misturas de AA. A aplicação foliar de misturas de AA pode regular as relações hídricas devido à regulação do transporte de íons (PATEL et al., 2020). Esses resultados corroboram outros estudos realizados em manjeriço (*Ocimum basilicum*) (KAHVECI et al., 2021), soja (*Glycine max*) (CALZADA et al., 2022) e tomate (*Solanum lycopersicum*) (ALFOSEA-SIMÓN et al., 2020), que sugeriram o envolvimento da glicina e do triptofano na melhoria das relações hídricas da planta.

As plantas de pimentão submetidas à diferentes condutividades elétricas apresentaram aumentos na síntese de osmólitos orgânicos como aminoácidos, prolinas e açúcares totais, sendo que os maiores aumentos se deram quando as plantas foram tratadas com o PH nas doses de 0,3 e 0,6 mL. Foi relatado que outras plantas da família solanácea, como o tomate, podem produzir substâncias orgânicas osmoticamente ativas sob condições de estresse salino, principalmente aminoácidos e açúcares, que ajudam a aliviar o estresse osmótico mediado pela salinidade (ZUZUNAGA-ROSAS et al., 2023). Além disso, um estudo revelou que a maior quantidade de açúcares totais no tomate pode ser responsável pela maior tolerância à salinidade (AMINI et al., 2005; ZUZUNAGA-ROSAS et al., 2023). De acordo com esses resultados, o bioestimulante derivado de aminoácidos aumentou a síntese de osmólitos nas folhas das plantas de pimentão sob estresse salino, resultando em uma melhor adaptação e ajuste osmótico das plantas. Esse fato foi evidenciado em outras culturas nas quais os AAs foram usados para mitigar os efeitos da salinidade (EL MOUKHTARI et al., 2020; LIU et al., 2020; CALZADA et al., 2022).

Os resultados aqui apresentados mostram que as atividades das enzimas CAT e APX foram aumentadas sob alta salinidade e mostrou maiores atividades em plantas que receberam as duas doses do bioestimulante. Foi relatado que um sistema de defesa antioxidante aprimorado induzido usando bioestimulantes está diretamente envolvido na eliminação de ROS e redução do estresse oxidativo em plantas sob salinidade (HASANUZZAMAN et al., 2021). O uso específico de bioestimulantes derivados de proteínas hidrolisadas e aminoácidos mostrou maior potencial em estimular o sistema antioxidante em plantas de alface e tomate (ZULUAGA et al., 2023). Essa atividade aumentada de antioxidantes enzimáticos pode ser atribuída, pelo menos em parte, aos componentes peptídicos dos bioestimulantes derivados de proteínas hidrolisadas

e aminoácidos, agindo como moléculas sinalizadoras na regulação dos processos fisiológicos (ZULUAGA et al., 2023).

Nesse estudo, tanto o conteúdo de MDA como o EL% aumentaram em folhas de pimentão sob condições de estresse salino. Essa influência negativa da salinidade sobre a EL% pode ser devida a seus impactos prejudiciais sobre a membrana citoplasmática e o processo de permeabilidade (ALKAHTANI et al., 2020). Como observado aqui, a aplicação do bioestimulante diminuiu o conteúdo de MDA e de EL% como resultado da peroxidação lipídica causada pelo estresse salino, confirmando a função dos AAs presentes nesse produto como moléculas protetoras contra danos oxidativos, presumivelmente devido ao aumento da atividade das enzimas antioxidantes (MATYSIAK et al, 2020). Calzada et al., (2022) em seus estudos com plantas de soja submetidas ao estresse salino também relataram que o conteúdo de MDA foi menor em plantas tratadas com o mesmo bioestimulante.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo mostra diferenças fundamentais nas respostas fisiológicas e metabólicas entre as plantas tratadas e não tratadas com o bioestimulante submetidas a diferentes condutividades elétricas de água de irrigação. As reduções induzidas pelo estresse salino em *Capsicum annum* L. foram significativamente amenizadas pela aplicação foliar semanal do PH, que foi capaz de melhorar as trocas gasosas, manter os melhores índices de clorofila e eficiência fotossintética, além de melhorar o *status* hídrico das plantas estressadas por sal, levando a um melhor desempenho produtivo da cultura em um nível salino de até 1,5 dS m⁻¹. A resposta da planta ao estresse salino também foi influenciada pelo PH em processos relacionados ao alívio do estresse oxidativo, adaptação ao ajuste osmótico e capacidade/atividade antioxidante. Tanto a dose de 0,3 como a de 0,6 mL por litro de água do hidrolisado de proteína foram eficazes na atenuação do estresse salino, sendo a dose de 0,3 mL a mais indicada por questões de economia de custos da produção agrícola.

6 MATERIAL SUPLEMENTAR

O material suplementar apresenta uma tabela com o resumo do teste f baseado na análise de variância (ANOVA) dos parâmetros avaliados nesse experimento.

Tabela 6 - Resumo do Teste f para os componentes de produção, medidas de trocas gasosas, índice de clorofilas e fluorescência da clorofila *a*, conteúdo relativo de água, extravasamento de eletrólitos, componentes orgânicos e atividade antioxidante de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de irrigação e doses do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas.

Teste F					
Fontes de variação	Blocos	Salinidade (S)	Bioestimulante (B)	Interação (S x B)	CV (%)
MSF	0,303	475,388	725,472 ***	35,491 ***	6,41
MSC	0,380	438,030	14,200 ***	30,871 ***	7,65
MSR	0,658	582,247	228,779 ^{ns}	25,768 ***	7,14
MST	0,759	1434,743	474,763 ***	51,285 ***	4,46
Produtivida de estimada	1,202	844,093 ***	53,837 ***	16,127 ***	12,70
Número de frutos	0,893	549,353 ***	71,604 ***	25,667 ***	9,07
Peso do fruto	0,269	1197,662 ***	38,123 ***	12,551 ***	6,42
Altura de plantas	1,419	106,738 ***	93,640 ***	9,396 ***	4,68
Diâmetro do caule	0,199	97,264 ***	100,649 ***	13,353 ***	4,71
Área foliar	1,114	45,061 ***	159,497 ***	10,888 ***	1,30
Número de folhas	1,014	17,697 ***	95,007 ***	6,966 ***	7,75
A	0,5157	50,817 ***	54,714 ***	7,269 ***	7,47

Ci	1,888	102,398 ***	53,721 ***	8,809 ***	7,09
E	1,039	64,199 ***	64, 079 ***	10,835 ***	14,78
gs	1,327	189,081***	12,946 ***	13,065 ***	16,14
TF	2,848	1,323 ^{ns}	0,190 ^{ns}	0,842 ^{ns}	1,75
A/gs	0,104	288,212 ***	289,559 ***	57,600 ***	11,14
A/E	1,338	16,286 ***	16,286***	4,165 ^{ns}	21,09
A/Ci	1,279	4,165 ^{ns}	47,964 ***	5,693 ***	14,68
Clorofila a	1,557	21,179 ***	59,819 ***	5,014 ***	4,31
Clorofila b	1,348	66,629 ***	42,790 ***	10,763 ***	10,51
Clorofila total	1,479	72,846 ***	97,026 ***	10,719 ***	4,24
Clorofila a/b	1,327	189,081 ***	12,946 ***	13,065 ***	12,59
Fv/Fm	0,965	65,025 ***	10,200 ***	7,016 ***	1,30
CRA	1,205	31,78 ***	8,714 ***	5,888 ***	2,65
Proteínas	0,757	103,852 ***	333,900 ***	51,487 ***	2,45
Aminoácidos	0,261	1498,446 ***	158,783 ***	39,501 ***	2,53
Prolina	3,844	3223,15 ***	127,682 ***	96,177 ***	4,27
Açúcares totais	1,791	18,154 ***	85,253 ***	5,145 ***	2,67
CAT	0,651	84,651***	27,837 ***	2,605 ***	11,31
APX	1,407	128,453 ***	191,083 ***	5,187 ***	4,66
MDA	0,540	81,076 ***	51,797 ***	9,137 ***	5,10
EL	0,940	245,782 ***	38,166 ***	10,766 ***	7,64

CV (%) = Coeficiente de Variação. ns: não significativo; *, ** e *** significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente, pelo teste F.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, M. *et al.* Compost and Biostimulants versus Mineral Nitrogen on Productivity and Grain Quality of Two Wheat Cultivars. **Agriculture**, v. 12, n. 5, p. 699, may 2022. DOI: 10.3390/agriculture12050699. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050699>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ABD EL-RAZEK, E.; SALEH, M.M.S. Improve productivity and fruit quality of Florida prince peach trees using foliar and soil applications of amino acids. **Middle-East J. Sci. Res.**, v. 12, p. 1165–1172, dec. 2012.
- ABDELAAL, K. A. A. *et al.* Treatment of Sweet Pepper with Stress Tolerance-Inducing Compounds Alleviates Salinity Stress Oxidative Damage by Mediating the Physio-Biochemical Activities and Antioxidant Systems. **Agronomy**, v. 10, p. 26, dec. 2020. DOI: 10.3390/agronomy10010026. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10010026>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ABDEL-LATTIF, H.M., ABSY, R. & ATTA, M.M.. Effect of Growth Promoter Supplement on Yield and Grain Quality of Maize (*Zea mays* L). **Egypt. J. Agron.** v. 40, n.2, p. 165 – 180, 2018. DOI: 10.21608/agro.2018.3790.1104. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/agro.2018.3790.1104>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- AHMAD, R. *et al.* Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. In: **Plant Abiotic Stress Tolerance**, p. 191–205, apr. 2019. DOI:10.1007/978-3-030-06118-0_8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0_8. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ALFOSEA-SIMÓN, M. *et al.* Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. **Sci. Hortic.**, v. 272, p. 109509, oct. 2020. DOI:10.1016/j.scienta.2020.109509. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109509>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ALFOSEA-SIMÓN, M. *et al.* Application of Biostimulants Containing Amino Acids to Tomatoes Could Favor Sustainable Cultivation: Implications for Tyrosine, Lysine, and Methionine. **Sustainability**, v. 12, p. 9729, nov. 2020. DOI: 10.3390/su12229729. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12229729>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- ALI, Q. *et al.* Role of amino acids in improving abiotic stress tolerance to plants. In **Plant Tolerance to Environmental Stress**; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2019, p. 175–204.
- ALKAHTANI, M. D. F. *et al.* Chlorophyll Fluorescence Parameters and Antioxidant Defense System Can Display Salt Tolerance of Salt Acclimated Sweet Pepper Plants Treated with Chitosan and Plant Growth Promoting Rhizobacteria. **Agronomy**, v.10, n. 8, p. 1180, aug. 2020. DOI: 10.3390/agronomy10081180. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081180>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 15 jun. 2023.

AMINI, F.; EHSANPOUR, A.A. Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na⁺/K⁺ changes in two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under in vitro salt stress. **Am. J. Biochem. Biotechnol**, v.1, p. 204–208, dec. 2005. DOI: 10.3844/ajbbsp.2005.204.208. Disponível em: <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2005.204.208>. Acesso em: 16 jun. 2023.

ANDREOTTI, C. *et al.* Rate and Timing of Application of Biostimulant Substances to Enhance Fruit Tree Tolerance toward Environmental Stresses and Fruit Quality. **Agronomy**, v. 12, p. 603, feb. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12030603. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030603>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BIELESKI, R.L., TURNER, A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Anal Biochem**, v.17, p. 278-293, nov. 1966. DOI: DOI: 10.1016/0003-2697(66)90206-5. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(66\)90206-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(66)90206-5). Acesso em: 16 jun. 2023.

BRADFORD, M. M. The dye-binding assay for protein. **Anal Biochem** v. 72, p. 248-254, 1976.

BULGARI, R. *et al.* Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture and Horticulture** v. 31, p. 1-17, jan. 2015. DOI: DOI:10.1080/01448765.2014.964649. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BULGARI, R., TRIVELLINI, A., FERRANTE, A. Effects of two doses of organic extract-based biostimulant on greenhouse lettuce grown under increasing NaCl concentrations. **Front. Plant Sci.** v. 9, p. 1870, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2018.01870. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01870>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CALZADA, P. K., FERNANDÉZ, J. C. R., MELÉNDREZ, J. F. El Viusid Agro uma alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, mayo 2016.

CALZADA, K. P. *et al.* Exogenous application of amino acids mitigates the deleterious effects of salt stress on soybean plants. **Agronomy**, v.12, n. 9, p. 2014, aug. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12092014. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CARADONIA, F. *et al.* Plant biostimulant regulatory framework: prospects in Europe and current situation at international level. **Journal of Plant Growth Regulation** v. 38, p.438-448, jun. 2019. DOI:10.1007/s00344-018-9853-4. Disponível em: <https://doi.org/DOI:10.1007/s00344-018-9853-4>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CARILLO, P. *et al.* Morpho-Anatomical, Physiological, and Mineral Composition Responses Induced by a Vegetal-Based Biostimulant at Three Rates of Foliar Application in Greenhouse Lettuce. **Plants**, v. 11, p. 2030, aug. 2022. DOI: 10.3390/plants11152030. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11152030>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Sci. Hortic.**, v. 86, p. 247–260, nov. 2000. DOI:10.1016/S0304-4238(00)00151-5. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00151-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00151-5). Acesso em: 17 jun. 2023.

COLLA, G. *et al.* Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. **Front. Plant Sci.**, v. 5, p. 448, 2014. DOI: 10.3389/fpls.2014.00448. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448>. Acesso em: 17 jun. 2023.

D'AMATO, R.; DEL BUONO, D. Use of a Biostimulant to Mitigate Salt Stress in Maize Plants. *Agronomy*, v. 11, p. 1755, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11091755. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091755>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DE LUCIA, B.; VECCHIETTI, L. Type of bio-stimulant and application method effects on stem quality and root system growth in LA Lily. **Eur. J. Hortic. Sci.**, v. 77, p. 10, 2012.

DEWANG, S.P.; DEVI, C.U. Efficacy of Organic Biostimulant (Fish Protein Hydrolyzate) on the Growth and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum*). **Agric. Sci. Dig.-A Res. J.**, v. 42, p. 20–25, jun. 2022. DOI:10.18805/ag.D-5309. Disponível em: <https://doi.org/10.18805/ag.D-5309>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DHINDSA, R. S. Inhibition of protein synthesis by products of lipid peroxidation. **Phytochemistry**, v. 21, p. 309–313, dec. 1982. DOI:10.1016/S0031-9422(00)95257-9. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)95257-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)95257-9). Acesso em: 17 jun. 2023.

DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.**, v. 28, p. 350–356, mar. 1956. DOI: 10.1021/ac60111a017. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>. Acesso em: 17 jun. 2023.

EL MOUKHTARI, A. *et al.* How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development? **Front. Plant Sci.**, v. 11, p. 1127, jul. 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.01127. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01127>. Acesso em: 17 jun. 2023.

EL SAYED, O.M.; EL GAMMAL, O.H.M.; SALAMA, A.S.M. Effect of proline and tryptophan amino acids on yield and fruit quality of Manfalouty pomegranate variety. **Sci. Hortic.**, v. 169, p. 1–5, apr. 2014. DOI:10.1016/j.scienta.2014.01.023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.023>. Acesso em: 18 jun. 2023.

EL-SHERBENY, M.; DA TEIXEIRA SILVA, J.A. Foliar treatment with proline and tyrosine affect the growth and yield of beetroot and some pigments in beetroot leaves. **J. Hortic. Res.**, v. 21, p. 95–99, dec. 2013. DOI:10.2478/johr-2013-0027. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/johr-2013-0027>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ERTANI, A. *et al.* Agro-industrial residues and their biological activity on maize (*Zea mays* L.) metabolism. **Journal of Geochemical Exploration**, v.129, p. 103-111, 2012.

ERTANI, A. *et al.* Effects of two protein hydrolysates obtained from chickpea (*Cicer arietinum* L.) and *Spirulina platensis* on *Zea mays* (L.) plants. *Front. Plant Sci.*, v. 25, 00954, jul. 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00954. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00954>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ERTANI, A. *et al.* Biostimulant Activity of Two Protein Hydrolyzates in the Growth and Nitrogen Metabolism of Maize Seedlings. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, v. 172, p. 237–244, apr. 2009. DOI: 10.1002/jpln.200800174. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.200800174>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ESTEVEZ, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecol. Brasileira**, v.4, n.12, p.662-679, 2008.

ETESAMI, H.; NOORI, F. Soil Salinity as a Challenge for Sustainable Agriculture and Bacterial-Mediated Alleviation of Salinity Stress in Crop Plants. In *Saline Soil-Based Agriculture by Halotolerant Microorganisms*; **Springer**: Singapore; p. 1–22, may 2019. DOI:10.1007/978-981-13-8335-9_1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8335-9_1. Acesso em: 18 jun. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI:10.1590/S1413-70542011000600001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em: 19 jun. 2023.

FREITAS, I. S. Exogenous Application of L-Arginine Improves Protein Content and Increases Yield of *Pereskia aculeata* Mill. Grown in Soilless Media Container. **Horticulturae**, v. 8, p. 142, 2022. DOI: 10.3390/horticulturae8020142. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020142>. Acesso em: 19 jun. 2023.

FRICKE, W. Energy costs of salinity tolerance in crop plants: nighttime transpiration and growth. **New Phytologist**, v. 225, n. 3, p. 1152-1165, 2020. DOI: 10.1111/nph.15773. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.15773>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GILL, S. S. *et al.* Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 70, p. 204-212, may. 2013. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.05.032. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.032>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GIUFFRIDA, F. *et al.* Physiological response of broccoli and cauliflower as affected by NaCl salinity. **Acta Hort.**, v. 1005, p. 435–441, sep. 2013. DOI:10.17660/ActaHortic.2013.1005.52. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1005.52>. Acesso em: 21 jun. 2023.

GOMES, M. D. M. D. A. *et al.* Brassinosteroid analogue affects the senescence in two papaya genotypes submitted to drought stress. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 186-195, 2013.

GOWDY, J. Our hunter-gatherer future: climate change, agriculture and uncivilization. **Futures**, v. 115, p. 102488, jan. 2020. DOI: 10.1016/j.futures.2019.102488. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102488>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HASSANEIN, R.A., ABDELKADER, A.F., FARAMAWY, H.M. Moringa leaf extracts as biostimulants-inducing salinity tolerance in the sweet basil plant. **Egypt. J. Bot.** v. 59, n. 2, p. 303–318, aug. 2019. DOI: 10.21608/EJBO.2019.5989.1242. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/EJBO.2019.5989.1242>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HAVIR, E. A., & MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, p. 450–455, jun. 1987. DOI: 10.1104/pp.84.2.450. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HEATH, R. L., & PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, v. 125, p. 189–198, apr. 1968. DOI: 10.1016/0003-9861(68)90654-1. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1). Acesso em: 21 jun. 2023.

HILDEBRANDT, T.M. Synthesis versus degradation: Directions of amino acid metabolism during Arabidopsis abiotic stress response. **Plant Mol. Biol.**, v. 98, p. 121–135, sep. 2018. DOI: 10.1007/s11103-018-0767-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11103-018-0767-0>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HASANUZZAMAN, M. *et al.* Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants** v. 9, p. 681, jul. 2020. DOI: 10.3390/antiox9080681. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HASANUZZAMAN, M. *et al.* Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. **Cells**, v.10, p. 1–29, sep. 2021. DOI: 10.3390/cells10102537. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cells10102537>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HOUIMLI, S. M.; DENDEN, M.; MOUHANDES, B. D. Effects of 24-epibrassinolide on growth, chlorophyll, electrolyte leakage and proline by pepper plants under NaCl-stress. **EurAsianJournal of BioSciences**, v. 4, p. 96-104, jan. 2010. DOI:10.5053/ejobios.2010.4.0.12. Disponível em: <https://doi.org/10.5053/ejobios.2010.4.0.12>. Acesso em: 21 jun. 2023.

IKUYINMINU, E.; GOÑI, O.; O'CONNELL, S. Enhancing irrigation salinity stress tolerance and increasing yield in tomato using a precision engineered protein hydrolysate and *Ascophyllum nodosum*-derived biostimulant. **Agronomy**, v. 12, p. 809, mar. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12040809. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040809>. Acesso em: 21 jun. 2023.

ISAYENKOV, S.V.; MAATHUIS, F.J.M. Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. **Front. Plant Sci.**, v. 10, p. 80, feb. 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00080. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>. Acesso em: 21 jun. 2023.

JOSHI, S. *et al.* Ion transporters and their regulatory signal transduction mechanisms for salinity tolerance in plants. **Physiol. Plant.** p. 174, may 2022. DOI: 10.1111/ppl.13702. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ppl.13702>. Acesso em: 21 jun. 2023.

KACJAN MARŠIČ, N. *et al.* Physiological and Biochemical Responses of Ungrafted and Grafted Bell Pepper Plants (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendtn.) Grown under Moderate Salt Stress. **Plants** v. 10, p. 314, 2021. DOI:10.3390/plants10020314. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10020314>. Acesso em: 21 jun. 2023.

KAHVECI, H. *et al.* Priming with salicylic acid, β -carotene and tryptophan modulates growth, phenolics and essential oil components of *Ocimum basilicum* L. grown under salinity. **Sci. Hortic.**, v. 281, p.109964, apr. 2021. DOI:10.1016/j.scienta.2021.109964. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109964>. Acesso em: 22 jun. 2023.

KISVARGA, S. *et al.* Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. **Agronomy**, v. 12, p. 1043, 2022. DOI: 10.3390/agronomy12051043. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>. Acesso em: 22 jun. 2023.

KHEIR, A.M.S. *et al.* The Exogenous Application of Micro-Nutrient Elements and Amino Acids Improved the Yield, Nutritional Status and Quality of Mango in Arid Regions. **Plants**, v. 10, p. 2057, sep. 2021. DOI: 10.3390/plants10102057. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10102057>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LIU, Y. *et al.* Salt-response analysis in two rice cultivars at seedling stage. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s.l.], v. 39, 2017. DOI: 10.1007/s11738-017-2514-6. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2514-6>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LINH, N.T.; CHAM, L.T.T.; THANG, V.N. Effects of Salinity Stress on the Growth, Physiology, and Yield of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Vietnam J. Agric. Sci.**, v. 4, p.1043–1055, aug. 2021. DOI: 10.31817/vjas.2021.4.2.05. Disponível em: <https://doi.org/10.31817/vjas.2021.4.2.05>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LIU, B. *et al.* Effects of Exogenous Spermidine on Root Metabolism of Cucumber Seedlings under Salt Stress by GC-MS. **Agronomy**, v. 10, p. 459, mar. 2020. DOI: 10.3390/agronomy10040459. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040459>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LORENZO, P. *et al.* Influence of Acacia dealbata Link bark extracts on the growth of *Allium cepa* L. Plants under high salinity conditions. **J. Sci. Food Agric.** v. 99, p. 4072–4081, mar. 2019. DOI: 10.1002/jsfa.9637. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9637>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LUCINI, L. *et al.* The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Sci. Hortic.**, v. 182, p.124–133, jan.

2015. DOI:10.1016/j.scienta.2014.11.022. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.022>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MACHADO R. M. A., SERRALHEIRO R. P. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, p. 30, may 2017. DOI: 10.3390/horticulturae3020030. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MALÉCANGE, M. *et al.* Biostimulant Properties of Protein Hydrolysates: Recent Advances and Future Challenges. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 24, p. 9714, may 2023. DOI:
 10.3390/ijms24119714. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms24119714>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MARENGO, J.A. *et al.* Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. **Nat Hazards** v. 103, p. 2589–2611, sep. 2020.
 DOI:10.1007/s11069-020-04097-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04097-3>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MARTYNENKO, A. *et al.* Thermal Imaging of Soybean Response to Drought Stress: The Effect of *Ascophyllum Nodosum* Seaweed Extract. **SpringerPlus**, v. 5, p. 1393, aug. 2016.
 DOI: 10.1186/s40064-016-3019-2. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3019-2>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MATYSIAK, K. *et al.* Effect of Exogenous Application of Amino Acids L-Arginine and Glycine on Maize under Temperature Stress. **Agronomy**, v. 10, n. 769, may 2020. DOI:
 10.3390/agronomy10060769. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060769>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MINHAS, P.S. *et al.* Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, v. 227, p. 105832, 2020.
 DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105832. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MUSTAFA, A. *et al.* Perspectives of Using L-Tryptophan for Improving Productivity of Agricultural Crops: A Review. **Pedosphere**, v.28, p.16–34, feb. 2018. DOI:10.1016/S1002-0160(18)60002-5. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60002-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60002-5). Acesso em: 22 jun. 2023.

MARTINEZ-BALLESTA, M.C., MARTINEZ, V. & CARVAJAL, C. Osmotic adjustment, water relations and gas exchange in pepper plants grown under NaCl or KCl. **Environ. Expt. Bot.** v. 52, p.161–174, oct. 2004.
 DOI:10.1016/j.envexpbot.2004.01.012. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.01.012>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MOHAMED, A.K.A.; ABDEL-GALIL, H.A.; NAGLAA, H.G. Effect of some nutrients and amino acids spraying on yield and fruit quality of Manfalouty pomegranate. **SVU-Int. J. Agric. Sci.**, v. 2, p. 18–29, jul. 2020. DOI:10.21608/svuijas.2020.32877.1014. Disponível em:
<https://doi.org/10.21608/svuijas.2020.32877.1014>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NAKANO, Y., & ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, p. 867–880, aug. 1981. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NARDI, S., *et al.* Plant biostimulants: Physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Review Scientia Agricola**, v.73, n. 1, p.18-23, feb. 2016. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NAROOZLO, Y.A.; SOURI, K.M.; MOJTABA, D. Stimulation Effects of Foliar Applied Glycine and Glutamine Amino Acids on Lettuce Growth. **Open Agric.**, v. 4, p. 164, mar. 2019. DOI:10.1515/opag-2019-0016. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0016>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NAVARRO, J. *et al.* Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. **J. Hortic. Sci. Biotech.**, v. 77, p. 52–57, jan. 2002. DOI:10.1080/14620316.2002.11511456. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2002.11511456>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NOCTOR, G.; LELARGE-TROUVERIE, C.; MHAMDI, A. The metabolomics of oxidative stress. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 112, p. 33–53, apr. 2015. DOI: 10.1016/j.phytochem.2014.09.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.09.002>. Acesso em: 22 jun. 2023.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. de; Garrido, W. E.; Araujo, J. D.; Lourenço, S. (Ed.). **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília, DF: Embrapa-SEA, p. 189-273, 1991.

PARADIKOVIĆ, N. *et al.* Biostimulants research in some horticultural plant species - A review. **Food Energy Secur.**, 8, e00162, 2019. DOI:10.1002/fes3.162. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fes3.162>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PARVIN, K. *et al.* Comparative Physiological and Biochemical Changes in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under Salt Stress and Recovery: Role of Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems. **Antioxidants**, v. 8, p. 350, aug. 2019. DOI: 10.3390/antiox8090350. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox8090350>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PATEL, M.K. *et al.* Enhancing salt tolerance of plants: From metabolic reprogramming to exogenous chemical treatments and molecular approaches. **Cells**, v. 9, p. 2492, nov. 2020. DOI: 10.3390/cells9112492. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cells9112492>. Acesso em: 25 jun. 2023.

PEÑA, K. *et al.* Effects of growth promoter on different vegetable crops. **International Journal of Development Research**, v.7, n. 2, p.11737-11743, 2017.

POLO, J.; MATA, P. Evaluation of a biostimulant (Pepton) based in enzymatic hydrolyzed animal protein in comparison to seaweed extracts on root development, vegetative growth, flowering, and yield of gold cherry tomatoes grown under low stress ambient field conditions. **Front. Plant Sci.**, v. 8, p. 2261, jan. 2018. DOI: 10.3389/fpls.2017.02261. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02261>. Acesso em: 25 jun. 2023.

RAMADAN, A.A.; ELHAMID, E.M.A.; SADAK, M.S. Comparative study for the effect of arginine and sodium nitroprusside on sunflower plants grown under salinity stress conditions. **Bull. Natl. Res. Cent.**, v. 43, p.118, dec. 2019. DOI:10.1186/s42269-019-0156-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0156-0>. Acesso em: 25 jun. 2023.

RAHNESHAN, Z., NASIBI, F., MOGHADAM, A.A. Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. **J. Plant Interact.** v.13, n. 1, p. 73–82, jan. 2018. DOI:10.1080/17429145.2018.1424355. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1424355>. Acesso em: 25 jun. 2023.

REIS, L. S. *et al.* Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.4, p.386–391, abr. 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000400005. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000400005>. Acesso em: 25 jun. 2023.

REN, J. *et al.* Exogenous Melatonin Improves Salt Tolerance by Mitigating Osmotic, Ion, and Oxidative Stresses in Maize Seedlings. **Agronomy** v. 10, p. 663, may 2020. DOI: 10.3390/agronomy10050663. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10050663>. Acesso em: 25 jun. 2023.

RENA, A. B., MASCIOTTI, G. Z. The effect of dehydration on nitrogen metabolism and growth of bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev Ceres** v. 23, p. 288-301, 1976.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. 48. ed. Campina Grande: UFPB, 2000, 117 p.

RIZWAN, M. *et al.* Correction to: Effect of foliar applications of silicon and titanium dioxide nanoparticles on growth, oxidative stress, and cadmium accumulation by rice (*Oryza sativa*). **Acta Physiol. Plant.**, v. 41, p. 72, may 2019. DOI: 10.1007/s11738-019-2863-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2863-4>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ROUPHAEL, Y. *et al.* Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. **Sci. Hortic.**, v. 226, p. 353–360, 2017. DOI:10.21273/HORTSCI12200-17. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SÁ, F. V. S. *et al.* Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 4, p. 668-679, jan. 2018. DOI:10.14295/cs.v9i4.2763. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/cs.v9i4.2763>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SAFWAT, G.; SALAM, H.S.A. The Effect of Exogenous Proline and Glycine Betaine on Phyto-biochemical Responses of Salt-stressed Basil Plants. **Egypt. J. Bot.**, v. 62, p. 537–547, may 2022. DOI: 10.21608/EJBO.2022.75826.1689. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/EJBO.2022.75826.1689>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SHAHBAZ, M. *et al.* Salt tolerance in selected vegetable crops. **Crit. Rev. Plant. Sci.**, v. 31, p. 303–320, jul. 2012. DOI:10.1080/07352689.2012.656496. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.656496>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SONOBE, R. *et al.* Estimation of Leaf Chlorophyll a, b and Carotenoid Contents and Their Ratios Using Hyperspectral Reflectance. **Remote Sens.** V. 12, p. 3265, oct. 2020. DOI: 10.3390/rs12193265. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12193265>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SOUSA, V. F. O. *et al.* Castor bean cake increases osmoprotection and oil production in basil (*Ocimum basilicum*) under saline stress. **Scientia Horticulturae**, v. 309, p. 111687, feb. 2023. DOI:10.1016/j.scienta.2022.111687. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111687>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SESTILI, F. *et al.* Protein hydrolysate stimulates growth in tomato coupled with N-dependent gene expression involved in N assimilation. **Front. Plant Sci.**, v. 9, p. 1233, aug. 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.01233. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01233>. Acesso em: 25 jun. 2023.

UBEDA-TOMÁS, S.; BEEMSTER, G.T.; BENNETT, M.J. Hormonal regulation of root growth: Integrating local activities into global behaviour. **Trends Plant Sci.**, v. 17, p. 326–331, mar. 2012. DOI: 10.1016/j.tplants.2012.02.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.02.002>. Acesso em: 25 jun. 2023.

UR REHMAN, H. *et al.* Sequenced application of glutathione as an antioxidant with an organic biostimulant improves physiological and metabolic adaptation to salinity in wheat. **Plant Physiol. Biochem.** v.158, p. 43–52, jan. 2021. DOI:10.1016/j.plaphy.2020.11.041. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.041>. Acesso em: 25 jun. 2023.

VAN OOSTEN, M. J. *et al.* The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 5, jun. 2017. DOI:10.1186/s40538-017-0089-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>. Acesso em: 25 jun. 2023.

VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses. **Biostimulants in Plant Science. IntechOpen**, nov. 2019. DOI:10.5772/intechopen.88829. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88829>. Acesso em: 25 jun. 2023.

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during

salt stress. **J. Hortic. Sci. Biotechnol**, v. 75, p. 623–627, nov. 2000. DOI:10.1080/14620316.2000.11511297. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511297>. Acesso em: 25 jun. 2023.

YAKHIN, O.I. *et al.* Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p. 2049, jan. 2017. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>. Acesso em: 25 jun. 2023.

YEMM, E. W., COCKING, E. C., RICKETTS, R. E. The Determination of Amino Acids with Ninhydrin. **The Analyst** v. 80, p. 209-213, mar. 1955. DOI: 10.1039/AN9558000209. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>. Acesso em: 28 jun. 2023

YEO, A.R., FLOWERS, T.J., Eds: Plant Solute Transport. **Ann. bot.** Blackwell: Oxford, UK, p. 340–365, 2007. DOI: 10.1093/aob/mcn035. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn035>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ZRIBI, L. *et al.* Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato “*Solanum lycopersicum* (variety Rio Grande)”. **Sci. Hortic.**,v. 120, p. 367–372, may 2009. DOI:10.1016/j.scienta.2008.11.025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.11.025>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ZULUAGA, M. Y. A. *et al.* Different vegetal protein hydrolysates distinctively alleviate salinity stress in vegetable crops: A case study on tomato and lettuce. **Front. Plant Sci.**, v. 14, p. 1077140, feb. 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1077140. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1077140>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ZUZUNAGA-ROSAS, J. *et al.* Use of a Biostimulant to Mitigate the Effects of Excess Salinity in Soil and Irrigation Water in Tomato Plants. **Plants**, v. 12, p. 1190, mar. 2023. DOI: 10.3390/plants12051190. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12051190>. Acesso em: 28 jun. 2023.

CAPÍTULO II

**RENDIMENTO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE *Capsicum annuum* L.
SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO E TRATADOS COM BIOESTIMULANTE**

Rendimento e qualidade dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidos ao estresse salino e tratados com bioestimulante

RESUMO

O pimentão é uma importante cultura hortícola e é famoso em todo o mundo devido à riqueza nutricional de seus frutos, por isso o aprimoramento de sua qualidade e produção são de grande interesse mundial. A qualidade e o rendimento da cultura são influenciados por diversos fatores estressantes, como a salinidade, que reduz significativamente o seu rendimento porque as plantas usam suas reservas de energia para combater esse estresse em vez de se concentrar na produção. Para prevenir isso, várias técnicas de manejo têm sido adotadas, destacando-se entre elas o uso de bioestimulantes vegetais, como os hidrolisados de proteínas. Sendo assim, o objetivo desse presente trabalho foi verificar o potencial efeito benéfico de um bioestimulante à base de hidrolisados de proteína sobre a produtividade e a qualidade físico-química de frutos de pimentão submetidas à diferentes condutividades elétricas. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 5 x 3, sendo os fatores os níveis de salinidade (0,5; 1,5; 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e a aplicação do bioestimulante nas doses de 0, 0,3 e 0,6 mL L⁻¹ de água destilada, com 4 repetições. Foram avaliados a produtividade estimada, o número, o peso e o diâmetro dos frutos, bem como a firmeza do fruto, o potencial hidrogeniônico (pH), o conteúdo de ácido ascórbico, o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT) e relação SS/AT. A indução de tolerância ao estresse salino pelo bioestimulante foi caracterizada pela alteração dos atributos físico-químicos em frutos de pimentão sob condições de estresse salino tratados com as doses de 0,3 e 0,6 mL desse produto. A diminuição do rendimento dos frutos induzida pelo estresse salino foi significativamente atenuada pela aplicação do hidrolisado de proteína. O bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína vegetal pode ser uma ferramenta para os agricultores aliviarem os danos causados pelo estresse da salinidade da irrigação, levando a uma maior produtividade e qualidade das culturas.

Palavras-chave: pimentão; salinidade; estimulante vegetal; pós-colheita.

Yield and fruit quality of *Capsicum annuum* L. subjected to salt stress and treated with a biostimulant

ABSTRACT

Peppers are an important vegetable crop and are famous all over the world due to the nutritional richness of their fruit, so improving their quality and production is of great interest worldwide. Crop quality and yield are influenced by various stress factors, such as salinity, which significantly reduces crop yield because plants use their energy reserves to combat this stress instead of focusing on production. To prevent this, various management techniques have been adopted, including the use of plant biostimulants, such as protein hydrolysates. Therefore, the aim of this study was to verify the potential beneficial effect of a biostimulant based on protein hydrolysates on the productivity and physical-chemical quality of the fruit of bell pepper plants subjected to different electrical conductivities. The experiment was carried out in pots in a greenhouse, using a randomized block design, in a 5 x 3 factorial scheme, with the factors being salinity levels (0.5; 1.5; 2.5, 3.5 and 4.5 dS m⁻¹) and the application of the biostimulant in doses of 0, 0.3 and 0.6 mL L⁻¹ of distilled water, with 4 repetitions. Estimated yield, fruit number, weight and diameter were evaluated, as well as fruit firmness, hydrogen potential (pH), ascorbic acid content, soluble solids content (SS), titratable acidity (TA) and SS/TA ratio. The induction of tolerance to salt stress by the biostimulant was characterized by the alteration of physicochemical attributes in bell pepper fruit under conditions of salt stress treated with doses of 0.3 and 0.6 mL of this product. The decrease in fruit yield induced by salt stress was significantly attenuated by the application of the PH. The data generated indicates that the biostimulant based on plant protein hydrolysates can be a tool for farmers to alleviate the damage caused by irrigation salinity stress, leading to greater crop productivity and quality.

Keywords: bell pepper; salinity; plant stimulant; post-harvest.

1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das mais importantes culturas da família das solanáceas e é famoso em todo o mundo devido ao seu alto valor nutricional (DEVI et al., 2021). O pimentão é uma cultura alimentar tão importante que o aprimoramento de sua qualidade e produção são de grande interesse. O rendimento e a qualidade dos frutos dependem de vários fatores pré e pós-colheita, que incluem condições ambientais, maturidade da colheita e fatores pós-colheita (SERRANO et al., 1996; MAHMOOD et al., 2017). Muitos grupos de pesquisa estão se esforçando para melhorar a qualidade e o rendimento dos pimentões (MAHMOOD et al., 2017).

A qualidade pode ser definida como um conjunto de propriedades agronômicas (por exemplo, tamanho do fruto e rendimento da colheita) e organolépticas (por exemplo, cor, forma, firmeza), bem como o conteúdo de nutrientes e vitaminas (DI VITTORI et al., 2018). A qualidade e o rendimento das culturas são influenciados por diversos fatores estressantes (DROBEK et al., 2019). O estresse causado por estímulos desfavoráveis, como a salinidade, pode reduzir significativamente o rendimento da colheita porque as plantas respondem usando suas reservas de energia para combater o estresse em vez de se concentrar na produção (DROBEK et al., 2019). Para prevenir isso, várias técnicas de manejo têm sido adotadas, destacando-se entre elas o uso de bioestimulantes vegetais (PENA et al. 2017).

Os bioestimulantes vegetais são considerados uma abordagem importante e sustentável para melhorar a qualidade nutricional e funcional dos produtos vegetais e para manter a fertilização do solo (du JARDIN, 2015; COZZOLINO et al., 2021). Conforme enfatizado por du Jardim (2015), os bioestimulantes são usados para melhorar a absorção de nutrientes e aumentar o rendimento e a qualidade da cultura, estimulando processos naturais em diferentes condições. A maioria dos pesquisadores relatou que a aplicação de bioestimulantes pode aumentar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade nutricional (PARADIKOVIC et al., 2011; KOUKOUNARARAS et al., 2013; ERTANI et al., 2014; BULGARI et al., 2015; COZZOLINO et al., 2021).

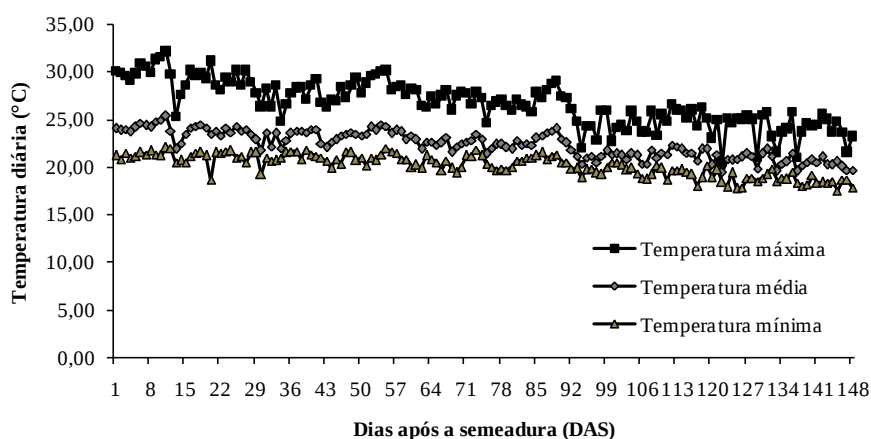
Atualmente, entre os bioestimulantes comercializados, os hidrolisados de proteína (PHs) são uma das categorias mais representativas de bioestimulantes à base de plantas (COZZOLINO et al., 2021). Eles podem modificar o metabolismo primário e secundário das plantas, aumentando a produtividade e diminuindo o impacto dos estresses abióticos nos cultivos (CALVO et al. 2014; Rouphael et al, 2017a). Vários pesquisadores relataram que a aplicação desses bioestimulantes aumentaram a qualidade nutricional e funcional dos tecidos comestíveis de hortaliças como alface, tomate (CARUSO et al, 2019; COZZOLINO et al.,

2020). Colla et al. (2017) e Paradikovic et al. (2011) relatou que a aplicação foliar desses bioestimulantes aumentou a produção e a qualidade de frutos de tomate e pimentão em condições de casa de vegetação. Além disso, Rouphael et al. (2017b) observaram que a aplicação foliar de um bioestimulante hidrolisado de proteína em plantas de tomate melhorou as qualidades físico-químicas dos frutos, como o teor de sólidos solúveis e a concentração de licopeno, em comparação às plantas não tratadas. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi de verificar o potencial efeito benéfico de um bioestimulante à base de hidrolisados de proteína sobre a produtividade e a qualidade físico-química de frutos de pimentão submetidas à diferentes condutividades elétricas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no município de Areia - Paraíba, no período de 21 de fevereiro a 18 de julho de 2022. A estufa está localizada nas coordenadas geográficas: latitude 6°58'04''S, longitude 35°42'58''W e altitude de 508m. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo As' que significa verão seco e quente e chuvas no inverno (ALVARES et al., 2013). As condições climáticas da estufa, como temperatura mínima, máxima, média e umidade relativa do ar, estão representadas na Figura 1.



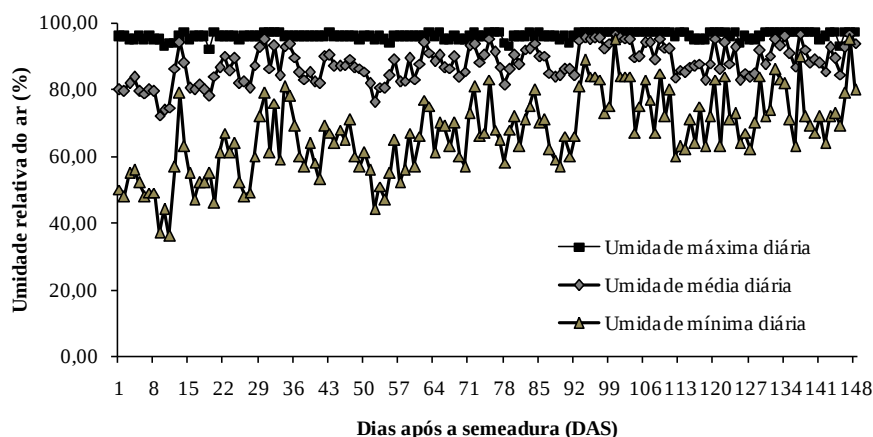


Figura 11- Dados de temperatura e umidade relativa do ar da casa de vegetação ocorridos durante o período de execução do experimento.

O solo utilizado foi classificado como arenoso (87,6% areia, 9,9% silte e 2,5% argila), com um pH de 6,9, condutividade elétrica (CE) de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, 2,14% de matéria orgânica (MO), $0,10668 \text{ cmolc/dm}^3$ de P, $0,24805 \text{ cmolc/dm}^3$ de K^+ , $0,05 \text{ cmolc/dm}^3$ de Na^+ , $2,52 \text{ cmolc/dm}^3$ de Ca^{+2} e $1,18 \text{ cmolc/dm}^3$ de Mg^{+2} . A água utilizada para a irrigação apresentou uma CE de $0,53 \text{ dS m}^{-1}$ e Relação de Adsorção de Sódio de 3,56%, sendo classificada como C2S1 de acordo com a classificação de Richards (1954).

O estudo compreendeu a combinação dos fatores salinidade e bioestimulante empregados à cultura do pimentão. O fator salinidade foi constituído por cinco níveis: 0,5 (água de abastecimento); 1,5; 2,5, 3,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, e o fator bioestimulante foi constituído pelas dosagens do bioestimulante VIUSID Agro® (VA) de 0, 0,3 e $0,6 \text{ mL L}^{-1}$ de água destilada (CALZADA et al., 2016). De acordo com Talha et al. (2020), esse produto é baseado em hidrolisados de proteínas, que são um importante grupo de bioestimulantes vegetal com base em uma mistura de peptídeos e aminoácidos, tais como ácido aspártico, arginina, glicina e triptofano, além de vitaminas e minerais. O delineamento utilizado nesse experimento foi em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 5×3 com cinco repetições. A parcela experimental foi constituída por 1 vaso por planta totalizando 75 unidades experimentais. Cada vaso foi composto por um material polimérico sintético com volume de 11 dm^3 .

As sementes de pimentão utilizadas na semeadura foram da cultivar *Magistral* pertencente à empresa *Seminis*, que apresenta plantas vigorosas de coloração verde, produz frutos retangulares, firmes e grandes, de polpa espessa e de coloração verde-escuro, tornando-se vermelhos quando maduros, além de possuírem elevada produtividade e bom desempenho pós-colheita e resistência a doenças. Essas sementes de pimentão foram colocadas para

germinar em uma estufa comercial especializada na produção de mudas em bandejas, localizada no município de São Sebastião de Lagoa de Roça - PB, onde se utilizou bandejas de poliestireno expandido com 200 células preenchidas com substrato comercial Mecplant. Quando as mudas atingiram de quatro a seis folhas definitivas, aproximadamente 35 dias após a semeadura (DAS), as mesmas foram transplantadas para vasos com capacidade de 11 dm³, preenchidos com 10 kg de solo e adubado conforme recomendações de Novais, Neves e Barros (1991), sendo cultivada uma planta por vaso.

A solução do bioestimulante foi aplicada com um atomizador de polipropileno, com capacidade de 350 mL. A primeira aplicação foi realizada aos 7 dias após a emergência das plântulas e as demais aplicações foram realizadas em um intervalo de 7 dias, ao final da tarde, até o início da colheita dos frutos, que se deu aos 90 DAS.

A irrigação com águas salinas foi iniciada aos 50 DAS. Na indução do estresse salino, foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), nas concentrações de 0, 960, 1600, 2240 e 2880 mg L⁻¹ para atingir as condutividades de 0,53 (água de abastecimento; controle); 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, cujos valores foram verificados com auxílio de um condutivímetro digital. A condutividade elétrica das soluções de NaCl foi obtida de acordo a equação de Rhoades; Kandiah; Mashali (2000), onde: $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \text{CEa} \times 640$, em que CEa (dS m⁻¹) representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

2.2 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Após o início da frutificação foram realizadas colheitas sucessivas dos frutos maduros a cada três dias, entre 90 e 110 DAS, obtendo-se o número de frutos (frutos por planta) e o peso médio de fruto (PMF).

O diâmetro longitudinal (DLF) e transversal dos frutos (DTF) foi determinado pela medição de cinco frutos ao acaso por cada tratamento, com auxílio de paquímetro digital.

A produtividade estimada dos frutos de pimentão por hectare foi obtida pela seguinte fórmula: $\text{Produção (toneladas/ha)} = [(\text{NMF} \times \text{PMF} \times \text{NP/ha}) / 1000]$

Em que: NMF = número médio de frutos por planta;

PMF = Peso médio de frutos por planta (kg);

NP ha⁻¹ = Número de plantas por hectare (ha);

1000 = conversão de quilos (kg) para toneladas (t).

O número de plantas por ha, por sua vez, foi obtido através da seguinte fórmula: $\text{Número de plantas por hectare} = \text{Plantas por metro linear} \times 10.000 / \text{Espaçamento}$. O espaçamento adotado neste experimento foi de 0,5 m por vaso por planta.

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

As características físico-químicas dos frutos foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Paraíba (LAFIT/UFPB). A análise de firmeza dos frutos foi realizada após a colheita dos frutos, e os atributos químicos foram realizados nos primeiros dias de armazenamento dos mesmos. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por dois frutos. Foram avaliadas as seguintes características físico-químicas: firmeza do fruto, potencial hidrogeniônico (pH), vitamina C, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT. A firmeza do fruto foi determinada por meio da resistência à penetração pela utilização do penetrômetro digital (Magness Taylor Pressure Tester), pressionado em duas extremidades opostas na região mediana dos frutos com casca e os resultados expressos em Newtons (N). O potencial hidrogeniônico foi medido por meio de um pHmetro digital de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1990). A vitamina C foi determinada pelo conteúdo de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) através da titulometria, utilizando-se a solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02%), para obtenção da coloração final rósea clara permanente (Strohecker e Henning, 1967). O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado diretamente da polpa triturada, com refratômetro digital (Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar) e expresso em °Brix (IAL, 2008). A acidez titulável foi determinada através do teor de ácido cítrico pela titulação em um extrato (1g de polpa/50 mL de água destilada), com hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 N), utilizando-se 2 gotas de fenolftaleína como indicador e expressa em porcentagem (IAL, 2008). E a relação SS/AT foi obtida por meio do quociente entre as duas variáveis analisadas.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e, quando observado efeito significativo, os níveis de salinidade da água foram submetidos à regressão polinomial e as dosagens do bioestimulante foram submetidas ao Teste de Tukey através do software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 EFEITO DAS CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS E DA APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE SOBRE OS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE

De acordo com a tabela 7, houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para a produtividade estimada, número de frutos, peso dos frutos e diâmetros transversal e longitudinal dos frutos de pimentão.

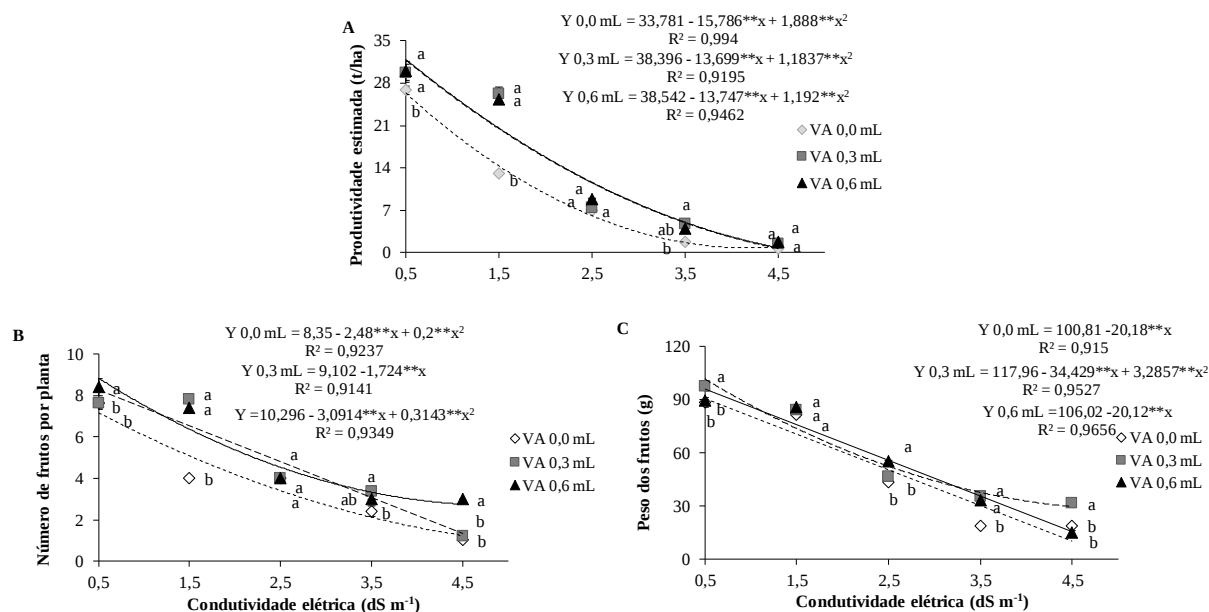


Figura 12 - Produtividade estimada (A), número de frutos (B) e peso dos frutos (C) de plantas de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

A alta salinidade prejudicou significativamente a produtividade dos pimentões (figura 12 A). Com o aumento gradativo das condutividades elétricas de 0,5 para 4,5 dS m⁻¹, houve uma redução média de 97% da produtividade estimada dos frutos de pimentão independentemente do tratamento empregado. Por outro lado, ao comparar o desempenho produtivo das plantas em cada CE analisada, verificou-se que as plantas que receberam a aplicação do PH nas doses de 0,3 e 0,6 mL aumentaram em 21 e 43% a produtividade nas CEs de 0,5 e 1,5 dS m⁻¹, respectivamente, e 203 (0,3 mL) e 198% (0,6 mL) na CE de 3,5 dS m⁻¹ em comparação às plantas controle.

O número de frutos por planta também foi prejudicado pela salinidade (figura 12 B). Entre os níveis de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ houve diminuição em 68,9% do número de frutos para as

plantas que receberam a dose de 0,6 mL do PH e em 84,3% para as plantas controle e aquelas que receberam a dose de 0,3 mL do PH. Comparando-se as plantas controle e as plantas que receberam a aplicação do PH em cada nível salino, notou-se aumento de 23,3 e 121,7% no número de frutos em plantas com a dose de 0,6 mL do bioestimulante nas CE's de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente. Na CE de 3,5 dS m⁻¹, plantas que receberam a dose de 0,3 mL aumentaram em 50% a quantidade de frutos produzidos, e na CE de 1,5 dS m⁻¹, ambas as doses do PH proporcionaram aumento em 30% no número de frutos.

Nas plantas controle e naquelas que receberam a dose de 0,6 mL do PH, o peso do fruto foi diminuído em 85% com o aumento das CE entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, e em 71% em plantas com a dose de 0,3 mL do PH (figura 12 C). Nas CE's de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, os frutos mais pesados foram os das plantas com a dose de 0,3 mL do PH, cujo aumento foi de 7 e 121%, respectivamente, em comparação com as plantas controle. Na CE de 2,5 dS m⁻¹, houve aumento de 26% no peso dos frutos das plantas com 0,6 mL do PH, e na CE de 3,5 dS m⁻¹ ambas as doses proporcionaram aumentos em 32% no peso dos frutos em comparação às plantas controle.

O diâmetro transversal dos frutos foi semelhante para todos os tratamentos nos níveis salinos de 0,5 e 1,5 dS m⁻¹, com médias estimadas de aproximadamente 65 mm. Plantas não tratadas com o PH tiveram frutos mais largos na CE 2,5 dS m⁻¹, com média estimada de 54 mm (figura 13 A). Na CE de 3,5 dS m⁻¹, ambas as doses do produto aumentaram os diâmetros transversais dos pimentões em 7%, e na CE de 4,5 dS m⁻¹, maiores larguras foram encontradas com a dose de 0,3 mL, com aumento de 26,6% em relação às plantas controle.

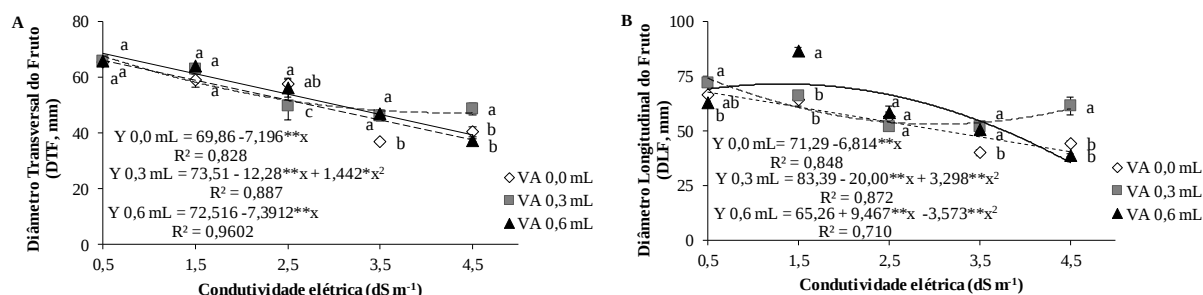


Figura 13 - Diâmetros transversal (DTF, A) e longitudinal (DLF, B) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante dentro de cada nível de salinidade.

De acordo com a figura 13 B, os frutos de pimentão foram mais compridos em plantas tratadas com o PH nas CE de 0,5, 1,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹, cujos comprimentos dos frutos foram 2, 17, 17,7 e 31,8% maiores que nas plantas controle, respectivamente, para as doses de 0,3 mL (CEs de 0,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) e de 0,6 mL (CEs de 1,5 e 3,5 dS m⁻¹).

3.2 EFEITO DA APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO PIMENTÃO

Houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses do bioestimulante para a firmeza dos frutos, conteúdo de ácido ascórbico, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT de acordo com a tabela 7 (material suplementar). Para a variável pH, não houve efeito significativo na interação, apenas nos fatores bioestimulante e níveis de salinidade de maneira isolada.

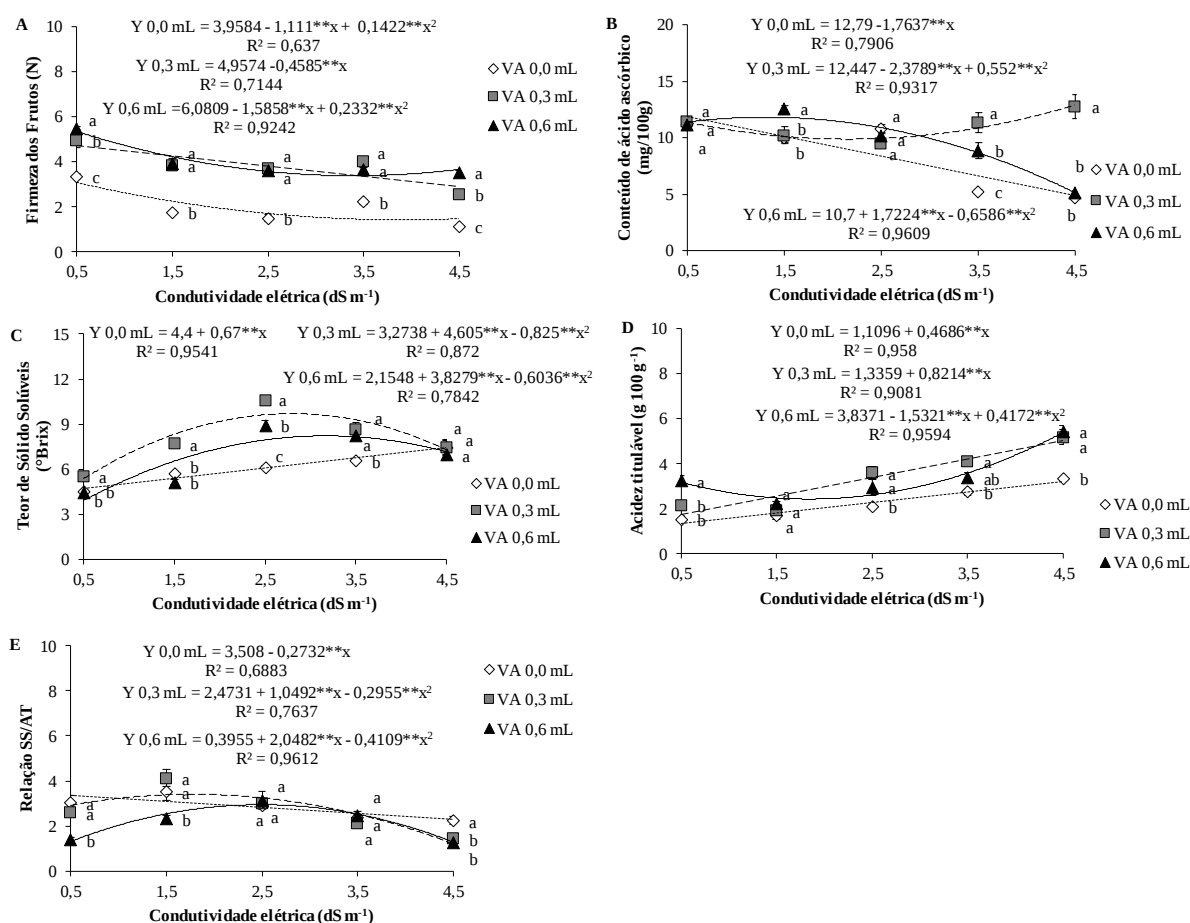


Figura 14 - Firmeza da polpa (A), conteúdo de ácido ascórbico (B), teor de sólidos solúveis (C), acidez titulável (D) e relação SS/AT (E) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolizados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.

A aplicação do bioestimulante nos diferentes níveis de CE avaliados aumentou a firmeza dos frutos de pimentão em relação aos frutos das plantas controle (figura 14 A). Nos níveis de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, a aplicação da dose de 0,6 mL resultou em aumentos de 73,6 e 147,37% na firmeza dos frutos quando comparados com os frutos do controle, e nas CEs de 1,5 a 3,5 dS m⁻¹, ambas as doses proporcionaram aumentos de 88, 116 e 131% na firmeza desses frutos.

As altas condutividades elétricas das águas de irrigação geraram respostas diferentes entre os tratamentos no conteúdo de ácido ascórbico dos frutos de pimentão (figura 14 B). Houve aumento em 13% no conteúdo de ácido ascórbico em frutos com a dose de 0,3 mL do PH entre os níveis de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, enquanto houve diminuição em 63 e 49% em frutos do controle e da dose de 0,6 mL, respectivamente. Frutos com 0,6 mL do PH aumentaram em 6% a produção de ácido ascórbico na CE de 1,5 dS m⁻¹ em comparação aos frutos controle, assim como os frutos com 0,3 mL do PH aumentaram em 56 e 211% a produção de ácido ascórbico nas CEs de 3,5 e 4,5 dS m⁻¹ em comparação aos frutos controle.

O teor de sólidos solúveis aumentou em todos os tratamentos na medida em que as condutividades elétricas aumentaram (figura 14 C). Porém, esse maior aumento foi observado em frutos tratados com o PH, tendo a dose de 0,3 mL proporcionado os maiores TSS nas CEs de 0,5 (+ 13%), 1,5 (+ 54%) e 2,5 (+ 58%) dS m⁻¹, e ambas as doses proporcionaram maiores TSS na CE de 3,5 dS m⁻¹ aumentando em 29% em relação ao controle.

Os frutos tratados com o PH apresentaram maiores AT em comparação aos frutos do controle (figura 16 D). A dose de 0,6 mL proporcionou aos frutos de pimentão maior acidez na CE de 0,5 dS m⁻¹ (+136%) e a dose de 0,3 mL proporcionou maior acidez na CE de 3,5 dS m⁻¹ (+53%), tendo ambas as doses proporcionadas maior acidez nas CEs de 2,5 (+31,5%) e 4,5 dS m⁻¹ (+62%) em relação ao controle.

A relação SS/AT foi maior em frutos do controle e com 0,3 mL do PH do que em frutos com 0,6 mL do PH nas CEs de 0,5 e 1,5 dS m⁻¹, com médias estimadas de 3,14 e 3,24, respectivamente. Frutos do controle apresentaram maior SS/AT na CE de 4,5 dS m⁻¹ do que nos demais tratamentos, com médias estimadas de 2,27 (figura 14 E).

O pH dos frutos de pimentão decresceu linearmente com o aumento das CEs das águas de irrigação (figura 15 A). Frutos de plantas irrigadas com CE de 4,5 dS m⁻¹ apresentaram pequena diminuição do pH em 7,2% em comparação aos frutos de plantas irrigadas com CE de 0,5 dS m⁻¹. Com relação às doses do produto, frutos de pimentão que não receberam a aplicação apresentaram maior pH do que aqueles que receberam esse bioestimulante, tendo aumento em 6,7 e 3,5% em relação ao pH dos frutos com as doses de 0,3 e 0,6 mL, respectivamente (figura 15 B).

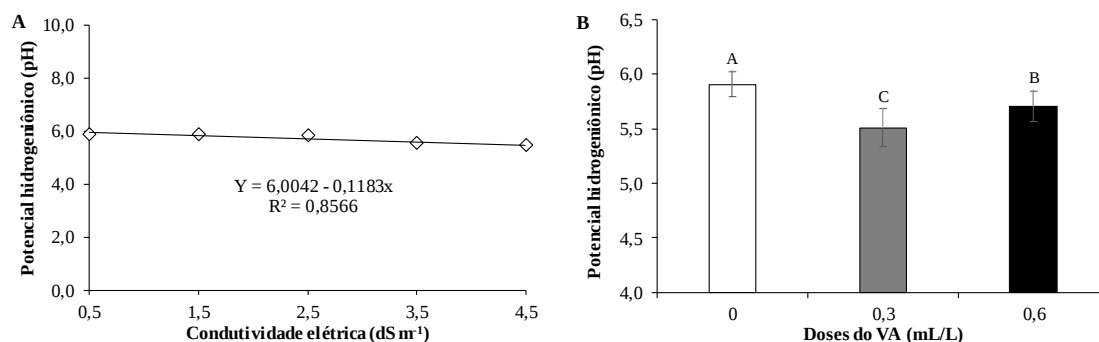


Figura 15 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas Viusid Agro (VA). *Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si e médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para avaliar o efeito das doses do bioestimulante.

4 DISCUSSÃO

O estresse por salinidade apresenta efeitos negativos em vários processos fisiológicos e metabólicos, inibindo, portanto, o rendimento (GENG et al., 2019; SUN et al., 2021) e a qualidade das culturas (DROBEK et al., 2019). Como observado em outros estudos semelhantes, o estresse por salinidade aplicado afetou significativamente a produtividade, o número e o peso dos frutos, o diâmetro dos frutos e as características de qualidade dos frutos em plantas não tratadas com bioestimulantes (CUARTERO e FERNÁNDEZ-MUÑOZ, 1998; DEL AMOR et al., 2001; JUAN et al., 2005; CAMPOS et al., 2006; MAGÁN et al., 2008; BAO e LI, 2010; ZHANG et al. 2017; EL-MOGY et al., 2018, VELOSO et al., 2021; IKUYINMINU et al., 2022). Embora as plantas de pimentão tratadas com o bioestimulante também tenham sido afetadas pelo efeito negativo da salinidade sobre esses atributos, houve uma notável melhora dessas plantas em relação as não tratadas. Os resultados obtidos forneceram fortes evidências sobre a eficácia do PH em melhorar a produção de frutos em plantas de pimentão estressadas por salinidade (figura 14 A), assim como foi observado por Ikuyinminu et al. (2022), em seu trabalho com bioestimulantes baseados em hidrolisados de proteína (PHs) e extratos de *Ascophyllum nodosum* (ANEs) aplicados na cultura do tomate sob condições de estresse salino. Também foi observado um aumento significativo no peso, número de frutos e na produção de frutos em pimentões sem estresse tratados com o bioestimulante, semelhantemente ao que foi encontrado por Ikuyinminu et al. (2022) em tomates. Embora exista uma vasta literatura sobre os efeitos benéficos dos PHs sobre a produção e o número de frutos em condições sem estresse (COLLA et al., 2015; COLLA et al., 2017; SHUKLA et al., 2019; ROUPHAEL et al., 2017),

não há informações relevantes que demonstrem que esses materiais componentes podem aumentar a produção em qualquer espécie de plantas cujos frutos sejam do tipo bagas em condições de estresse por salinidade. Até o momento, a maioria das pesquisas concentrou-se em vegetais folhosos, legumes e espécies de plantas de cereais (ERTANI et al., 2013; LUCINI, et al., 2015; TREVISAN et al., 2019; SITOHY et al., 2020; CARILLO et al., 2020).

O estresse por salinidade aplicado neste estudo afetou a firmeza dos frutos, porém a aplicação das duas doses do bioestimulante melhorou esse atributo em todas as CEs avaliadas. Vários autores relataram que a firmeza do fruto está relacionada com as propriedades da membrana, o tamanho da célula e estrutura da parede celular (CHAPMAN et al., 2012; HUANG et al., 2018; COZZOLINO et al., 2021) e representa um importante indicador da qualidade do fruto. Maach et al. (2020) descobriram que a aplicação de dois bioestimulantes, isoladamente ou combinados, melhorou a firmeza dos frutos de tomate, provavelmente porque estes bioestimulantes tem um efeito benéfico na turgidez e nos componentes da parede celular (HAWKESFORD et al., 2012). O presente trabalho corroborou com esses resultados, destacando um efeito maior do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína na firmeza dos frutos comparados aos tratamentos controle, assim como observado por Colla et al. (2017b) em seus estudos com plantas de tomate.

No presente estudo, o conteúdo de ácido ascórbico (AsA) foi afetado pela exposição à salinidade e aplicação de bioestimulantes. A síntese e construção de compostos bioativos como o AsA podem ser correlacionadas às consequências indiretas ou diretas da aplicação de bioestimulantes na formação de antioxidantes em tecidos vegetais (ROUPHAEL et al., 2017b). Por exemplo, conforme mencionado pelos mesmos autores, os hidrolisados proteicos derivados de plantas podem promover a atividade de certas enzimas envolvidas na homeostase das células antioxidantes, ou um efeito indireto, como o acúmulo de potássio, pode levar ao aumento dos antioxidantes das frutas (ROUPHAEL et al., 2017b).

Conforme mencionado em estudos anteriores, o estresse por salinidade aplicado também aumentou os açúcares solúveis ($^{\circ}$ Brix) e a acidez (TTA) dos frutos estressados do controle em comparação com as plantas não estressadas e não tratadas (CUARTERO e FERNÁNDEZ-MUÑOZ, 1998; DEL AMOR et al., 2001; MAGGIO et al., 2004; BAO e LI, 2010; EL-MOGY et al., 2018). É interessante notar que o bioestimulante aumentou ainda mais o acúmulo de açúcares solúveis e acidez titulável nos frutos de pimentão em relação aos controles estressados e não estressados (figura 14 C e D). Essa descoberta é corroborada por estudos anteriores sobre o efeito dos PHs na pimenta malagueta e no tomate (ROUPHAEL et al., 2017b; ERTANI et al., 2013; COLLA et al., 2017a) e pode representar um benefício adicional do bioestimulante para

melhorar as características de qualidade organoléptica de uma cultura de pimentão, além de sua capacidade observada de aumentar a produção de frutos, assim como observado por Ikuyinminu et al. (2022) ao utilizarem bioestimulantes da mesma categoria (CUARTERO e FERNÁNDEZ-MUÑOZ, 1998; TIEMAN et al., 2012).

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) em frutos de pimentão mostrou maiores valores com o uso da dose de 0,3 mL do PH e nos frutos do tratamento controle do que em frutos com 0,6 mL do PH em duas CEs (0,5 e 1,5 dS m⁻¹), sendo iguais entre os tratamentos em outras duas CEs (2,5 e 3,5 dS m⁻¹) e maior em frutos do tratamento controle em uma CE (4,5 dS m⁻¹). De acordo com Pedó et al. (2014) valores elevados na relação SS/TA proporcionam melhor sabor de fruta, pois indicam menor acidez em relação ao °Brix. Concomitantemente, menor a acidez titulável se reflete em frutas mais doces e com melhor aceitação do mercado.

Nesse estudo, o pH dos frutos foi influenciado pela aplicação do bioestimulante, uma vez que as doses de 0,3 e 0,6 mL do bioestimulante proporcionaram menores pH (5,5 e 5,7) dos frutos em relação ao tratamento controle (6,0). Esses resultados foram diferentes dos encontrados por Colla (2017b), Rouphael et al., (2017b) e Cozzolino et al. (2021), em que esses autores afirmaram que o uso de bioestimulantes baseados em hidrolisados de proteínas não alteraram o pH dos frutos em tomateiros.

5 CONCLUSÃO

A indução de tolerância ao estresse salino pelo bioestimulante foi caracterizada pela alteração dos atributos físico-químicos em frutos de pimentão sob condições de estresse salino tratados com as doses de 0,3 e 0,6 mL desse produto. A diminuição do rendimento dos frutos induzida pelo estresse salino foi significativamente atenuada pela aplicação do PH. Os resultados indicam que o bioestimulante baseado em hidrolisados de proteína vegetal pode ser uma ferramenta para os agricultores aliviarem os danos causados pelo estresse da salinidade da irrigação, levando a uma maior produtividade e qualidade das culturas.

6 MATERIAL SUPLEMENTAR

O material suplementar apresenta uma tabela com o resumo do teste f baseado na análise de variância (ANOVA) dos parâmetros avaliados nesse experimento.

Tabela 7 - Resumo do Teste f para produtividade estimada, número, peso, diâmetro e características físico-químicas de frutos de *Capsicum annuum* L. submetidas a diferentes níveis de salinidade de irrigação e doses do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas.

Fontes de variação	Blocos	Teste F			CV (%)
		Salinidade (S)	Bioestimulante (B)	Interação (S x B)	
Produtividade de estimada	1,202	844,093 ***	53,837 ***	16,127 ***	12,70
Peso dos frutos	0,269	1197,662 ***	38,123 ***	12,551 ***	6,42
Número de frutos	0,893	549,353 ***	71,604 ***	25,667 ***	9,07
DTF	0,826	80,346 ***	2,603 ***	4,740 ***	8,58
DLF	1,145	88,178 ***	13,537 ***	18,625 ***	1,30
Firmeza do fruto	1,757	87,393 ***	277,983 ***	3,958 ***	9,15
TSS	2,268	94,549 ***	69,477 ***	14,373 ***	7,48
Vitamina C	0,508	28,541 ***	33,329 ***	21,771 ***	10,73
AT	0,606	74,487 ***	47,790 ***	96,177 ***	13,99
SS/AT	1,490	25,065 ***	12,954 ***	5,838 ***	17,87
pH	0,310	10,566 ***	17,240 ***	2,131 ***	3,77

CV (%) = Coeficiente de Variação. ns: não significativo; *, ** e *** significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente, pelo teste F.

REFERÊNCIAS

- BAO, H.; LI, Y. Effect of stage-specific saline irrigation on greenhouse tomato production. **Irrig. Sci.** v. 28, p. 421–430, jul. 2010. DOI:10.1007/s00271-009-0204-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0204-x>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- BULGARI, R. *et al.* Biostimulants and crop responses: a review. **Bio. Agri. Hort.**, v.31, p. 1-17, jan. 2015. DOI:10.1080/01448765.2014.964649. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- CALVO, P., NELSON, L., KLOEPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil.** v. 383, p. 3-41, may 2014. DOI:10.1007/s11104-014-2131-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- CAMPOS, C.A.B. *et al.* Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Sci. Agric.** v. 63, p. 146–152, apr. 2006. DOI: 10.1590/S0103-90162006000200006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200006>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- CARUSO, G. *et al.* Yield and nutritional quality of Vesuvian Piennolo tomato PDO as affected by farming system and biostimulant application. **Agronomy**, v. 9, p. 505, sep. 2019. DOI:10.3390/agronomy9090505. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy9090505>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- CARILLO, P. *et al.* Enhancing sustainability by improving plant salt tolerance through macro-and micro-algal biostimulants. **Biology**, v. 9, p. 253, aug. 2020. DOI: 10.3390/biology9090253. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biology9090253>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- CHAPMAN, N. H. *et al.* High-resolution mapping of a fruit firmness-related quantitative trait locus in tomato reveals epistatic interactions associated with a complex combinatorial locus. **Plant Physiol.** v. 159, p. 1644-1657, aug. 2012. DOI: 10.1104/pp.112.200634. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.112.200634>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- COLLA, G. *et al.* Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Sci. Hortic.**, v. 196, p. 28–38, sep. 2015. DOI:10.1016/j.scienta.2015.08.037. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- COLLA, G. *et al.* Foliar Applications of Protein Hydrolysate, Plant and Seaweed Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Fruit Quality of Greenhouse Tomato. **HortScience**, v. 52, n. 9, p. 1214-1220, sep. 2017a. DOI:10.21273/HORTSCI12200-17. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12200-17>. Acesso em: 16 ago. 2023.

COLLA, G. *et al.* Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. **Front. Plant Sci**, v. 8, p. 2202, dec. 2017b. DOI: 10.3389/fpls.2017.02202. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>. Acesso em: 16 ago. 2023.

COZZOLINO, E. *et al.* Appraisal of biodegradable mulching films and vegetal-derived biostimulant application as eco-sustainable practices for enhancing lettuce crop performance and nutritive value. **Agronomy**, v. 10, p. 427, mar. 2020. DOI:10.3390/agronomy10030427. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030427>. Acesso em: 16 ago. 2023.

COZZOLINO, E. *et al.* Foliar application of plant-based biostimulants improve yield and upgrade qualitative characteristics of processing tomato. **Italian Journal of Agronomy**, v.16, n. 2, p. 1825, mar. 2021. DOI:10.4081/ija.2021.1825. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1825>. Acesso em: 16 ago. 2023.

CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity. **Sci. Hortic.** v. 78, p. 83–125, 1998. DOI: 10.1016/S0304-4238(98)00191-5. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00191-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00191-5). Acesso em: 16 ago. 2023.

DEL AMOR, F.M.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. **HortScience**, v. 36, p. 1260–1263, dec. 2001. DOI:10.21273/HORTSCI.36.7.1260. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.7.1260>. Acesso em: 16 ago. 2023.

DEVI, J. *et al.* Advances in Breeding Strategies of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L. var. grossum Sendt.). In: AL-KHAYRI, J.M., JAIN, S.M., JOHNSON, D.V. (org.) **Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops**. Springer, Cham, 2021, 471 p.

DI VITTORI, L. *et al.* Pre-Harvest Factors Influencing the Quality of Berries. **Sci. Hortic.**, v. 233, p. 310–322, jan. 2018. DOI:10.1016/j.scienta.2018.01.058. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.058>. Acesso em: 16 ago. 2023.

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, p. 335, jun. 2019. DOI:10.3390/agronomy9060335. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>. Acesso em: 16 ago. 2023.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Sci. Hortic.** v. 196, p. 3-14, mar. 2015. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>. Acesso em: 16 ago. 2023.

ERTANI, A. *et al.* Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. **Plant Soil**, v. 364, p. 145–158, mar. 2013. DOI:10.1007/s11104-

012-1335-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1335-z>. Acesso em: 16 ago. 2023.

ERTANI, A. *et al.* *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: Chemical and metabolomic approaches. **Front. Plant Sci.**, v. 5, p.1-12, ago. 2014. DOI: 10.3389/fpls.2014.00375. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00375>. Acesso em: 16 ago. 2023.

EL-MOGY, M.M.; GARCHERY, C.; STEVENS, R. Irrigation with salt water affects growth, yield, fruit quality, storability and marker-gene expression in cherry tomato. **Acta Agric. Scand. Sect. B—Soil Plant Sci.**, v. 68, p. 727–737, mai. 2018. DOI:10.1080/09064710.2018.1473482. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1473482>. Acesso em: 16 ago. 2023.

GENG, G. *et al.* Transcriptome Analysis of Salt-Sensitive and Tolerant Genotypes Reveals Salt-Tolerance Metabolic Pathways in Sugar Beet. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 20, n. 23, p. 5910, nov. 2019. DOI:10.3390/ijms20235910. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms20235910>. Acesso em: 16 ago. 2023.

HAWKESFORD, M. *et al.* Functions of macronutrients. In Marschner's mineral nutrition of higher plants. **Acad. Press**. p. 135-189, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>. Acesso em: 16 ago. 2023.

HUANG, Y., LU, R., CHEN, K. Prediction of firmness parameters of tomatoes by portable visible and near-infrared spectroscopy. **J. Food Engine.** v. 222, p. 185-198, nov. 2018. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.11.030. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.030>. Acesso em: 16 ago. 2023.

IKUYINMINU, E.; GOÑI, O.; O'CONNELL, S. Enhancing Irrigation Salinity Stress Tolerance and Increasing Yield in Tomato Using a Precision Engineered Protein Hydrolysate and *Ascophyllum nodosum*-Derived Biostimulant. **Agronomy**, v. 12, p. 809, mar. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12040809. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040809>. Acesso em: 16 ago. 2023.

JUAN, M. *et al.* Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. **Environ. Exp. Bot.**, v. 54, p. 193–201, jul. 2005. DOI:10.1016/j.envexpbot.2004.07.004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.07.004>. Acesso em: 16 ago. 2023.

KOUKOUNARARAS, A., TSOUVALTZIS, P., SIOMOS, A. S. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels. **J. Food Agric. Environ.**, v. 11, p. 644-648, jan. 2013.

LUCINI, L. *et al.* The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Sci. Hortic.**, v. 182, p. 124–133, jan. 2015. DOI:10.1016/j.scienta.2014.11.022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.022>. Acesso em: 16 ago. 2023.

MAACH, M. *et al.* Application of biostimulants improves yield and fruit quality in tomato. **Int. J. Vege. Sci.** p. 1-6, 2020. DOI:10.1080/19315260.2020.1780536. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1780536>. Acesso em: 16 ago. 2023.

MAGÁN, J.J. *et al.* Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. **Agric. Water Manag.** v. 95, p. 1041–1055, set. 2008. DOI:10.1016/j.agwat.2008.03.011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.03.011>. Acesso em: 16 ago. 2023.

MAGGIO, A. *et al.* Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. **Eur. J. Agron.**, v. 21, p. 149–159, ago. 2004. DOI:10.1016/S1161-0301(03)00092-3. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00092-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00092-3). Acesso em: 16 ago. 2023.

MAHMOOD, N. *et al.* Effect of biostimulants on growth, yield and quality of bell pepper cv. Yolo wonder. **Pak. J. Agri. Sci.**, vol. 54, n.2, p. 311-317, jun. 2017. DOI:10.21162/PAKJAS/17.5653. Disponível em: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/17.5653>. Acesso em: 16 ago. 2023.

PARADIKOVIC, N. *et al.* Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). **J. Sci. Food Agri.** v. 91, p. 2146-2152, set. 2011. DOI:10.1002/jsfa.4431. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4431>. Acesso em: 16 ago. 2023.

PEDÓ, T. *et al.* Produtividade e caracterização físico-química de pimentas submetidas a diferentes fontes e doses de adubação orgânica. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n.2, p. 134- 139, 2014.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: **U.S. Salinity Laboratory**, 160 p., 1954. DOI: 10.1097/00010694-195408000-00012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-195408000-00012>. Acesso em: 16 ago. 2023.

ROUPHAEL, Y. *et al.* Phenolic composition, antioxidant activity and mineral profile in two seed-propagated artichoke cultivars as affected by microbial inoculants and planting time. **Food Chem.** v. 234, p. 10-19, abr. 2017a. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.04.175. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.175>. Acesso em: 16 ago. 2023.

ROUPHAEL, Y. *et al.* Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. **Sci. Hortic.** v. 226, p. 353-360, dez. 2017b.

DOI:10.1016/j.scienta.2017.09.007. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.007>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SERRANO, M., *et al.* Review: Role of polyamines in chilling injury of fruits and vegetables. **Food Sci. Technol. Intl.**, v. 2, p.195-199, ago. 1996. DOI: 10.1177/108201329600200401.

Disponível em: <https://doi.org/10.1177/108201329600200401>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SITOHY, M.Z. *et al.* Pumpkin seed protein hydrolysate treatment alleviates salt stress effects on *Phaseolus vulgaris* by elevating antioxidant capacity and recovering ion homeostasis. **Sci. Hortic.**, v. 271, p. 109495, mai. 2020. DOI:10.1016/j.scienta.2020.109495. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109495>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SHUKLA, P.S. *et al.* Ascophyllum nodosum-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Front. Plant Sci.**, v. 10, p. 655, mai. 2019. DOI:10.3389/fpls.2019.00655.

Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SUN, Y. *et al.* NADPH Oxidase-derived ROS promote mitochondrial alkalization under salt stress in *Arabidopsis* root cells. **Plant Signalling and Behaviour**, v.16, p. 1856546, dez. 2021. DOI: 10.1080/15592324.2020.1856546. Disponível

em: <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1856546>. Acesso em: 16 ago. 2023.

TIEMAN, D. *et al.* The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. **Curr. Biol.**, v. 22, p. 1035–1039, mai. 2012. DOI:10.1016/j.cub.2012.04.016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.04.016>. Acesso em: 16 ago. 2023.

TREVISAN, S.; MANOLI, A.; QUAGGIOTTI, S. A Novel Biostimulant, Belonging to Protein Hydrolysates, Mitigates Abiotic Stress Effects on Maize Seedlings Grown in Hydroponics. **Agronomy**, v. 9, p. 28, jan. 2019. DOI:10.3390/agronomy9010028. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/agronomy9010028>. Acesso em: 16 ago. 2023.

VELOSO, L. L., S. *et al.* Attenuation of salt stress on the physiology and production of bell peppers by treatment with salicylic acid. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 42. P. 2751-2768, jul. 2021. DOI:10.5433/1679-0359.2021v42n5p2751. Disponível em:

<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2751>. Acesso em: 16 ago. 2023.

ZHANG, P. *et al.* Interactions of salinity stress and flower thinning on tomato growth, yield, and water use efficiency. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 48, p. 2601–2611, nov. 2017.

DOI:10.7831/ras.4.46. Disponível em: <https://doi.org/10.7831/ras.4.46>. Acesso em: 16 ago. 2023.

7 CONCLUSÕES GERAIS

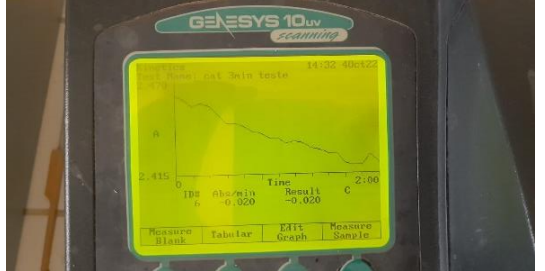
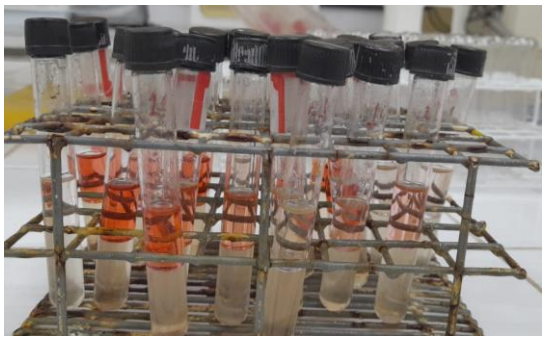
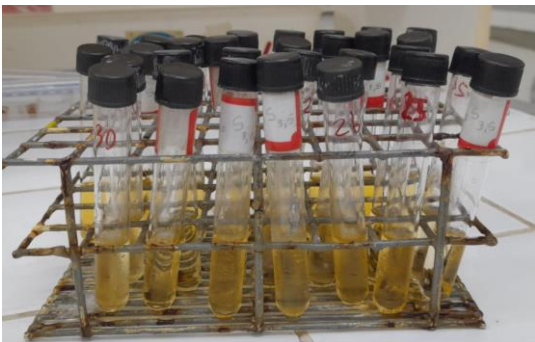
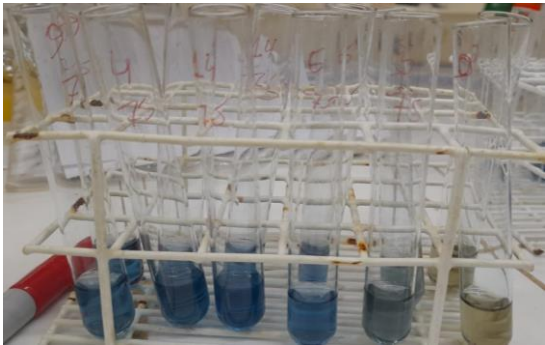
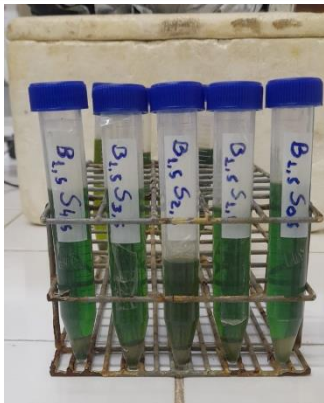
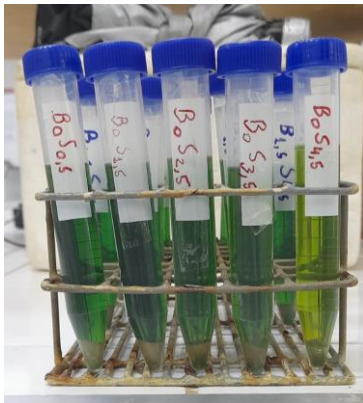
O estresse salino provoca alterações morfofisiológicas e bioquímicas nas plantas de pimentão, porém a aplicação foliar semanal do bioestimulante baseado em hidrolisados de proteínas e aminoácidos alivia os efeitos prejudiciais do estresse salino sobre as trocas gasosas, melhora o equilíbrio do estado hídrico foliar, bem como auxilia na manutenção dos pigmentos fotossintéticos, na capacidade antioxidante e no ajustamento osmótico, o que consequentemente reduz os danos causados ao aparato fotossintético de plantas de pimentão sob estresse salino. Além disso, o bioestimulante aplicado no pimentão em condições estressantes melhora o crescimento, o desenvolvimento, a qualidade dos frutos e a produtividade da cultura, esta última até o nível salino de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Tanto a dose de 0,3 mL como a de 0,6 mL do bioestimulante mostraram ser eficientes na atenuação dos efeitos da salinidade nestas plantas, porém, para fins de redução de custos na produção agrícola, recomenda-se a aplicação deste bioestimulante na dose de 0,3 mL. Portanto, o uso de bioestimulantes baseados em hidrolisados de proteínas e aminoácidos pode ser uma estratégia promissora para a produção agrícola sustentável em regiões áridas e semiáridas.

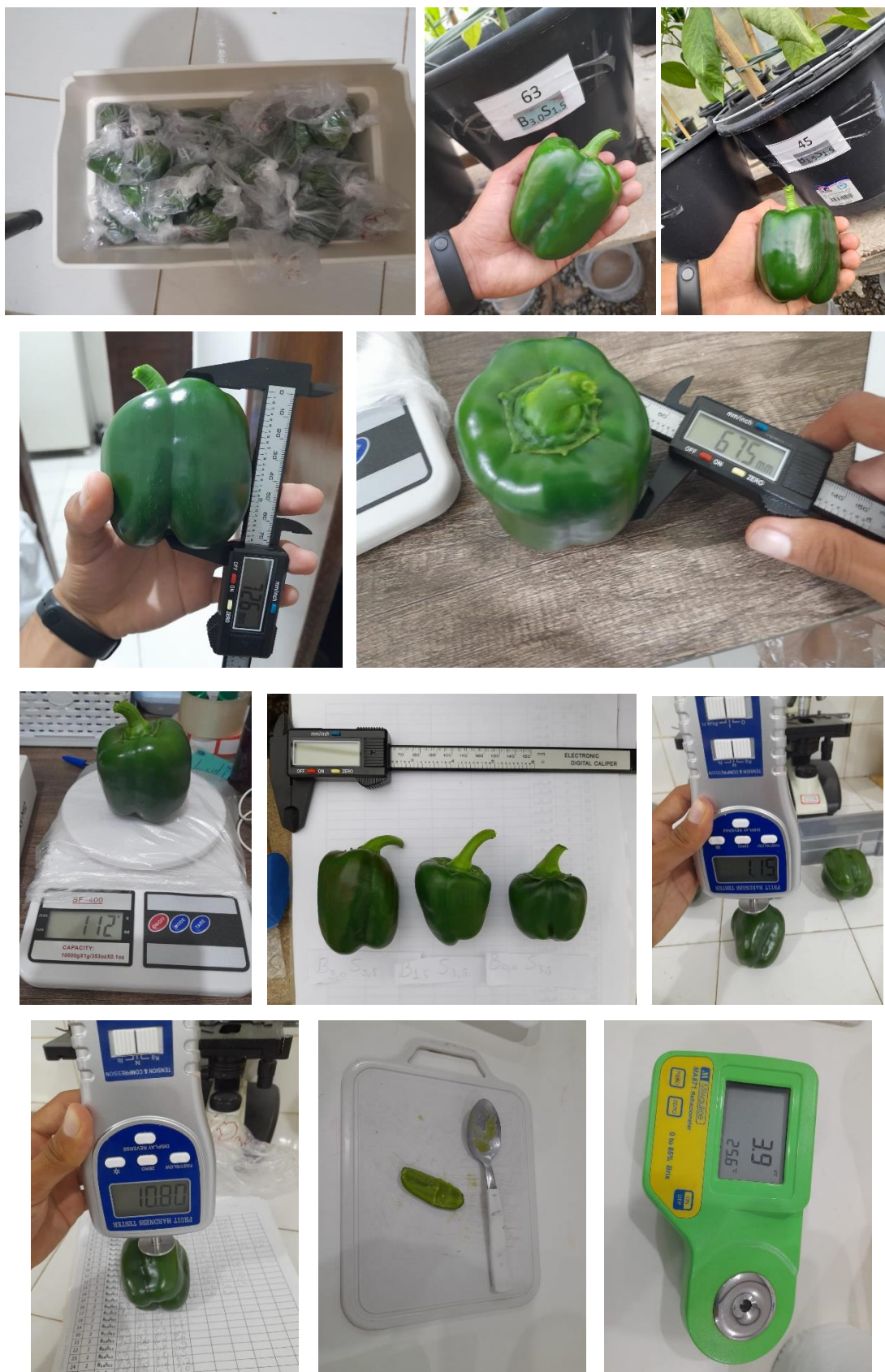
8 ANEXOS











Fonte das imagens: autor.