



**ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM  
COMPONENTES MORFOFISIOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO DO PIMENTÃO**

**ANA CAROLINA SANTOS LIMA**

**2023**

**ANA CAROLINA SANTOS LIMA**

**ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM  
COMPONENTES MORFOFISIOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO DO PIMENTÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre

**VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2023**

L696e

Lima, Ana Carolina Santos.

Estratégia de mitigação do estresse salino em componentes morfofisiológicos e de produção do pimentão. / Ana Carolina Santos Lima, 2023.

65f. : il.

Orientador (a): DSc. Cristiano Tagliaferre.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 58 - 65.

1. *Capsicum annuum* L. 2. Substâncias húmicas. 3. Água salina - Tolerância à salinidade. I. Tagliaferre, Cristiano. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Área de Concentração em Fitotecnia**

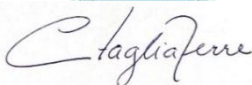
**Campus de Vitória da Conquista, BA**

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM COMPONENTES MORFOFISIOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO DO PIMENTÃO”,**

**AUTOR (A): Ana Carolina Santos Lima**

**Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:**



---

Cristiano Tagliaferre, D.Sc. (UESB)



---

Edith Taleisnik D.Sc. (Universidade Católica de Córdoba)



---

Leandro Dias da Silva, D.Sc. (IFBAIANO)

Data de realização: 30 de novembro de 2023.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil  
Telefone: (77) 3425-9383, e- mail: [ppgagronomia@uesb.edu.br](mailto:ppgagronomia@uesb.edu.br)

*A Deus, por me guiar;  
A minha família, em especial,  
Aos meus pais e minha irmã,  
pelo carinho, apoio e motivação.*

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar e iluminar meu caminho e por me dar forças, coragem e sabedoria para enfrentar os desafios e concluir mais uma etapa.

A minha família, em especial, aos meus pais Cicélia e Aroldo; a minha irmã Gabriela, ao meu avô Antônio e ao meu cunhado Genilson, pelo carinho, apoio e motivação.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo à pesquisa e concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e Solos.

Ao meu orientador, Prof. Dsc. Cristiano Tagliaferre, pelos ensinamentos, paciência e orientação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela dedicação e por compartilhar os conhecimentos.

Aos Professores Divino Miguel e Paulo Cairo, pelos ensinamentos e disposição para esclarecer dúvidas e contribuírem com este estudo.

A toda equipe do Laboratório de Solos da UESB, pela contribuição.

À equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pelo suporte técnico.

Aos funcionários do Departamento do Campo Agropecuário (DICAP) e da Secretaria de Serviços Gerais (SERGE), pela presteza no apoio operacional.

Aos meus colegas do Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem: Bismarc, Filipe e Rosilene, pelo companheirismo durante a realização da pesquisa.

Ao Pós-Doc. Paulo Monroe e à colega Talita Oliveira, pelas contribuições.

À banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições nesta pesquisa.

Aos meus amigos: Bruna, Maria, Amon, Fabrício e Willian, pelo carinho, apoio e amizade.

E a todos que, de algum modo, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

### LIMA, A. C. S. ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM COMPONENTES MORFOFISIOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO DO PIMENTÃO.

Vitória da Conquista - BA, UESB, 2023. 72p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)\*

Em regiões onde a chuva é escassa e irregular, a irrigação é uma técnica essencial para atender às necessidades hídricas das culturas, principalmente daquelas de ciclo curto e com alta exigência hídrica, como é o caso das hortaliças. Devido à escassez de água em algumas regiões, a utilização de água salina na irrigação mostra-se como uma alternativa ao uso de fontes de água de boa qualidade. Técnicas como o uso de lâminas de lixiviação, diluição da água salina ou a aplicação de substâncias no solo podem atenuar os efeitos do estresse salino no solo e nas plantas, porém, sem um manejo adequado, a utilização da água salina pode trazer mais prejuízos do que benefícios. Deste modo, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento morfológico, fisiológico e de produção de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade e aplicação de ácido húmico. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial duplo 5x4, (cinco doses de ácido húmico x quatro proporções de diluição de água salina), com quatro repetições, totalizando 80 parcelas experimentais. O desenvolvimento morfológico, acúmulo de biomassa fresca e seca da parte aérea, a área foliar e a produção de frutos reduziram conforme houve aumento da salinidade. Além disso, a condutividade elétrica do solo aumentou, de acordo com o aumento do uso da água salina. De modo geral, a aplicação do ácido húmico não reduziu os efeitos da salinidade na parte aérea das plantas de pimentão. No entanto, as aplicações de ácido húmico, via solo, atenuaram os efeitos deletérios da salinidade nas raízes das plantas de pimentão e reduziram o risco de salinização ao reduzir a condutividade elétrica do extrato de saturação solo sob irrigação com água salina.

**Palavras-chave:** Substâncias húmicas, água salina, *Capsicum annuum* L., estresse abiótico, tolerância à salinidade.

---

\* **Orientador:** Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre, UESB

## ABSTRACT

LIMA, A. C. S. **SALINE STRESS MITIGATION STRATEGY IN MORPHOPHYSIOLOGICAL AND PRODUCTION COMPONENTS OF BELL PEPPER.** Vitória da Conquista – BA, UESB, 2023. 65 p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science)\*

In regions where rainfall is scarce and irregular, irrigation is essential to meet the water needs of crops, especially for those with short-cycle and high-water-demanding, such as vegetables. Due to water scarcity in some regions, the use of saline water for irrigation proves to be an alternative to the use of good-quality water sources. Techniques such as leaching, dilution of saline water, or the application of substances to the soil can alleviate the effects of saline stress on both soil and plants. However, without proper management, the use of saline water may bring more harm than benefits. Thus, this study aimed to evaluate the morphological, physiological, and production development of bell pepper plants under different salinity levels and the application of humic acid. The experimental design adopted was a randomized complete block in a double factorial scheme 4x5, with four salinity levels (0, 50, 75, and 100%), corresponding to the dilution of saline water, and five doses of humic acid (0; 1.5; 3.0; 4.5; and 6 L ha<sup>-1</sup> of the commercial product) with four replications, totaling 80 experimental plots. The morphological development, accumulation of fresh and dry aboveground biomass, leaf area, and fruit production decreased as salinity increased. Additionally, soil electrical conductivity increased in accordance with the higher use of saline water. Overall, the application of humic acid did not reduce the effects of salinity on the aboveground part of bell pepper plants. However, soil applications of humic acid alleviated the deleterious effects of salinity on the roots of bell pepper plants and reduced the risk of salinization by decreasing the electrical conductivity of the soil saturation extract under irrigation with saline water.

**Keywords:** Humic substances, saline water, *Capsicum annuum* L., abiotic stress, salinity tolerance.

---

\* **Advisor:** Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre, UESB



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no estudo, analisado antes e após a realização da correção do solo. ....	26
Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado no estudo. ....	26
Tabela 3. Caracterização química da água de irrigação utilizada no estudo.....	27
Tabela 4. Análise de variância para alturas de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico.....	34
Tabela 5. Análise de variância para estimativa de área foliar (EST.AF), área foliar (AF), massa fresca (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e NDVI das plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico. ....	36
Tabela 6. Análise de variância para comprimento (CR), volume (VOLR), massa fresca (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico. ....	39
Tabela 7. Análise de variância para teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (EE) e índice SPAD (SPAD) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico.....	43
Tabela 8. Análise de variância para os parâmetros açúcares redutores (AR), amido (AM), aminoácidos (AA) e prolina (PRO) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico.....	47
Tabela 9. Análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de frutos (MSF) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico. ....	49
Tabela 10. Análise de variância para Ca, Mg, K e Na em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico. ....	51
Tabela 11. Análise de variância para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico.....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de retenção de água no solo, determinada com base em cinco pontos de tensão (10, 30, 100, 300 e 1500 kPa). .....	25
Figura 2. Temperatura média, umidade relativa média e radiação solar diária durante o período experimental. ....	28
Figura 3. Altura de plantas (AP) de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10, 30 e 67 DAIT. ....	34
Figura 4. Diâmetro do caule (DIAM) de plantas de pimentão (mm) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10, 30 e 67 DAIT. ....	34
Figura 5. Número de folhas (NF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10 DAIT e 30 DAIT. ....	35
Figura 6. Estimativa da área foliar (EST.AF) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10 DAIT. ....	36
Figura 7. Área foliar (AF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). ....	36
Figura 8. Massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A e C) e doses de ácido húmico (B e D). ....	37
Figura 9. Massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VOLR), e de plantas de pimentão em função das doses de ácido húmico e níveis de salinidade da água de irrigação. ....	39
Figura 10. Comprimento de raízes (CR) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). ....	40
Figura 11. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 67 DAIT. ....	41
Figura 12. Teor relativo de água em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 30 (TRA1) e 67 DAIT (TRA2). ....	43
Figura 13. Extravasamento de eletrólitos (EE) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 67 DAIT. ....	44
Figura 14. Índice spad (SPAD) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação aos 67 DAIT. ....	45
Figura 15. Índice spad (SPAD) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). ....	46
Figura 16. Teores de açúcares redutores (A), amido (B), aminoácidos (C) e prolina (D) em folhas de plantas de pimentão em função de níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico. ....	47

Figura 17. Massa fresca de frutos (MFF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	49
Figura 18. Massa seca de frutos (MSF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	49
Figura 19. Teor de cálcio (Ca) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	50
Figura 20. Teor de magnésio (Mg) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	51
Figura 21. Teor de sódio (Na) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	51
Figura 22. Teor de potássio (K) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	51
Figura 23. Médias dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) obtidos neste estudo e dos valores recomendados para a cultura do pimentão, conforme Martinez et al. (1999). ...	52
Figura 24. Teor de cálcio (Ca <sup>2+</sup> ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	53
Figura 25. Teor de magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	54
Figura 26. Teor de potássio (K <sup>+</sup> ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	54
Figura 27. Teor de potássio (Na <sup>+</sup> ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B). .....	54
Figura 28. Relação Ca:Mg calculada com os valores médios de Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> para os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em comparação com a ideal. ....	56
Figura 29. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico. ....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	aminoácidos
AF	área foliar
AH	ácido húmido
AP	altura de plantas (cm)
AM	amido
AR	açúcares redutores
Ca	cálcio
CEes	condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $\text{dS cm}^{-1}$ )
CR	comprimento de raízes (cm)
DAIT	dias após o início dos tratamentos
DAS	dias após a semeadura
DC	diâmetro do caule (mm)
EE	extravasamento de eletrólitos (%)
EROs	espécies reativas de oxigênio
EST.AF	estimativa da área foliar
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
K	potássio
KCl	cloreto de potássio
MAP	fosfato monoamônico
MFF	massa fresca de frutos (g)
MFPA	massa fresca da parte aérea (g)
MFR	massa fresca de raízes (g)
Mg	magnésio
MSF	massa seca de frutos (g)
MSPA	massa seca da parte aérea (g)
MSR	massa seca de raízes (g)
N	nitrogênio
Na	sódio
NDVI	índice de vegetação por diferença normalizada
NF	número de folhas
PRO	prolina

RAS	razão de adsorção de sódio
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SPAD	índice SPAD
TRA	teor relativo de água (%)
USSL	<i>United States Salinity Laboratory</i>
VOLR	volume de raízes (mL)
°C	graus celsius

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
1. A cultura do pimentão - Aspectos agrônômicos .....	18
2. Salinidade na água de irrigação e nos solos agrícolas.....	19
3. Efeitos morfofisiológicos do estresse na cultura do pimentão .....	20
4. Ácido húmico na agricultura como promotor de tolerância ao estresse salino .....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1. Área e Delineamento Experimental .....	24
3.2. Instalação e Condução do Experimento .....	24
3.2.1. Preparo do substrato .....	24
3.2.2. Preparo das mudas.....	25
3.2.3. Água de irrigação .....	26
3.2.4. Ácido húmico .....	26
3.2.5. Transplântio e manejo nutricional.....	27
3.2.6. Manejo de irrigação.....	27
3.3. Características Avaliadas .....	28
3.3.1. Morfologia e Desenvolvimento.....	28
3.3.2. Variáveis Fisiológicas e bioquímicas .....	29
3.3.3. Variáveis de Produção.....	31
3.3.4. Teor Nutricional Foliar.....	31
3.3.5. Avaliação do Solo .....	32
3.4. Análise Estatística .....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1. Morfologia e Desenvolvimento.....	33
4.2. Fisiológicas e Bioquímicas.....	44
4.3. Variáveis de Produção.....	49
4.4. Teor Nutricional Foliar.....	51
4.5. Análises de Solo .....	53
5. CONCLUSÕES.....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das culturas hortícolas de grande importância econômica e é cultivado em regiões tropicais e subtropicais (Tiamiyu et al., 2023), sendo cultivado em mais de cem países ao redor do mundo e o seu maior produtor é a China, seguida do México (Mangal et al., 2023). No cenário nacional São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro, foram responsáveis por 66% da produção de pimentão no Brasil (IBGE, 2017). A Bahia é o estado com maior número de estabelecimentos agropecuários produtores de pimentão, destes, mais de 60% fazem uso de irrigação (Pedroso e Ferreira, 2023).

Um dos fatores que limitam a produção agrícola é a disponibilidade de água, em que o seu suprimento na agricultura irrigada, muitas vezes, é o fator crítico para o crescimento e o desenvolvimento das culturas. A água é um fator limitante à produção agrícola, principalmente para culturas mais sensíveis ao déficit hídrico, como, por exemplo, as hortaliças que, com exceção de tubérculos e raízes, são compostas majoritariamente por água. O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça que tem como centro de origem o sul do México e América Central, seu cultivo pode ser feito em campo aberto ou em estufas, porém, necessita de água regularmente durante seu ciclo, com maior demanda hídrica nas fases de florescimento e frutificação.

Em regiões áridas e semiáridas, a prática da irrigação é essencial, devido à ocorrência do déficit hídrico para as culturas durante a estação seca. Em muitos casos, representa uma alternativa crucial para mitigar os riscos de perda de produção, especialmente em áreas tropicais, caracterizadas por climas quentes e secos, como é o caso do semiárido (Zaman et al., 2018).

A região semiárida do Brasil apresenta peculiaridades climáticas marcantes, com elevadas temperaturas e baixos índices pluviométricos, que variam de 300 a 800 mm anuais, além de serem concentrados em um pequeno intervalo de tempo. Com isso, águas salinas de reservatórios superficiais ou subsuperficiais são amplamente utilizadas (Zaman et al., 2018).

A irrigação com água salina, na maioria das vezes, resulta em efeito adverso nas relações solo-água-planta e ocasiona restrição severa nas atividades fisiológicas e no potencial produtivo das plantas cultivadas (Hussain et al., 2019). O efeito da salinidade é de natureza osmótica e reduz a absorção de água pelas plantas, o que afeta negativamente o rendimento das culturas.

O excesso de sais na zona radicular tem, em geral, um efeito deletério no crescimento das plantas que se manifesta por uma equivalente redução na taxa de transpiração e desenvolvimento (Holanda et al., 2016). As águas salobras de diferentes fontes podem ser

utilizadas para irrigação, desde que se adotem práticas de manejo da água de irrigação, da cultura e do solo adequadas (Minhas et al., 2020). Diversos estudos têm mostrado bons resultados com o uso do ácido húmico na agricultura como mitigador dos efeitos do estresse salino em plantas (El-Kady e Borham, 2020; Saidimoradi et al., 2019; Ali et al., 2020).

O ácido húmico é um dos principais componentes das substâncias húmicas. Estas são compostos orgânicos que resultam naturalmente da decomposição de material vegetal e podem ser utilizados como insumos alternativos para o manejo de diversas culturas. Os ácidos húmicos e fúlvicos fazem parte da composição orgânica do solo e alguns condicionadores do solo explorados comercialmente tendem a simular esta composição. Estes são substâncias orgânicas com cadeias carbônicas iguais ou semelhantes às presentes na natureza e podem ser oriundos da extração de turfas ou de minas, como também podem ser sintetizados industrialmente (Caron et al., 2015).

As substâncias húmicas influenciam a estrutura física, química e microbiológica do solo, conseqüentemente afetam também o metabolismo e o crescimento das plantas (Nardi et al., 2021). Podem aumentar a produtividade e a qualidade dos cultivos, disponibilizam fósforo adsorvido na fração argila, aumentam a superfície específica, a capacidade de troca de cátions (CTC) e o efeito tampão do solo, dando maior estabilidade ao solo, e atuam como reservatório de macronutrientes, como o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, bem como de micronutrientes (Primo et al., 2011). As ações diretas na planta se devem aos seus efeitos sobre germinação, crescimento da planta e atividade hormonal. Além disso, as substâncias húmicas podem amenizar os efeitos deletérios do estresse salino, aumentando o crescimento radicular, alterando a absorção mineral e diminuindo o dano à membrana, o que promove a tolerância à salinidade (Ouni et al., 2014).

O cultivo de hortaliças vem se destacando na região do Sudoeste da Bahia onde a qualidade da água constitui um dos principais desafios para a produção nessa região, visto que devido à captação de águas subsuperficiais, frequentemente, há ocorrência de águas com quantidade de sais maior do que a indicada para a agricultura. Devido a isso, o desenvolvimento de estudos e técnicas de manejo que possam atenuar os efeitos do estresse salino é imprescindível. Portanto, pesquisas que abrangem técnicas para minimizar o estresse salino em plantas possuem grande relevância, já que há poucos estudos mais aprofundados sobre o tema para a região.

Diante disso, supõe-se que o ácido húmico atenua os efeitos do estresse causado pelo uso da água salina no desenvolvimento e produção de plantas de pimentão e a diluição da água salina é eficiente para mitigar os efeitos do estresse salino nas plantas. Nesse contexto, este



estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento morfológico, fisiológico e de produção de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade e aplicação de ácido húmico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1. A cultura do pimentão - aspectos agronômicos

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das solanáceas e tem seu centro de origem na América Central (Filho et al., 2018). É uma planta anual, arbustiva, ereta, com 40 a 150 cm de altura, e suas raízes podem atingir até um metro de profundidade (Fontes e Nick, 2021). É uma hortaliça fruto muito consumida *in natura* e também pode ser utilizada como matéria-prima para a extração de corantes alimentares, já que os frutos desidratados e convertidos em pó servem como corante e aromatizante na culinária e como corante na indústria alimentícia e têxtil (Da Veiga et al., 2021; Nogueira, 2013).

O fruto é do tipo baga, lisa e lustrosa por fora, apresentando de dois a quatro lóbulos e parcialmente oco por dentro, sendo que o formato, a cor, o comprimento e a largura variam de acordo com a cultivar (Blat e Costa, 2007; Fontes e Nick, 2021). Desde o transplante até a colheita, decorrem de três a quatro meses. Desde a antese até o início da maturação fisiológica, decorrem de duas a três semanas, sendo necessárias mais de quatro semanas para a colheita dos frutos maduros (Filho et al., 2018).

A floração do pimentão sofre pouca influência pelo fotoperíodo, as flores são pequenas com 1 a 2 cm de diâmetro, pentâmeras, hermafroditas, com corola branca e localizam-se isoladas nas axilas foliares sobre pedúnculo curto. Na maioria das condições de cultivo, as cultivares produzem uma flor terminal após formar oito a dez folhas no caule principal. Normalmente, dois ramos surgem nesse ponto, dando origem aos ramos produtivos. Esses ramos vão terminar novamente em uma flor, ramificando-se mais uma vez. A espécie é predominantemente autógama, ou seja, autofecunda-se (Filho et al., 2018).

O pimentão é uma das hortaliças mais produzidas no mundo e está entre as 10 hortaliças mais cultivadas no Brasil e no mundo (Shahbandeh, 2020). A cultura do pimentão apresenta grande importância econômica e social para diversas localidades do Brasil, sendo explorada em todas as regiões do país (IBGE, 2017). Para o desenvolvimento ótimo, a cultura requer temperaturas entre 18°C e 23°C, sendo que sob temperaturas elevadas, durante o período vegetativo, a planta pode vegetar em excesso, diminuindo a produção; e sob temperaturas inferiores a 18°C, o crescimento da cultura diminui e pode inclusive paralisar (Filho et al., 2018).

A produção de pimentão no Brasil é realizada em campo aberto, especialmente durante a estação seca, ou em casas de vegetação, com cobertura plástica. Dessa forma, a irrigação é uma prática fundamental para suprir a demanda hídrica das plantas, pois é uma cultura muito

sensível ao déficit hídrico, sobretudo a partir do início da frutificação. O cultivo sucessivo do pimentão, sobretudo quando realizado em ambiente protegido e sem o uso correto da irrigação e da fertirrigação, tem acarretado problemas de salinização (Braga e Marouelli, 2017).

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes do cultivo, pois propicia um *stand* ideal de plantas, permitindo o estabelecimento rápido, isento de pragas e de doenças, tendo reflexos diretos na produção final. Após a fase de produção de mudas, as plantas podem ser levadas a campo para o transplante, quando apresentarem de 4 a 6 folhas definitivas. Logo após o transplante, deve ser realizada uma irrigação intensa, para garantir que um grande perfil do solo seja mantido na capacidade de campo. Devido ao seu hábito de crescimento, recomenda-se o tutoramento (Filho et al., 2018).

## 2. Salinidade na água de irrigação e nos solos agrícolas

Em muitas áreas irrigadas das regiões áridas e semiáridas, a produção agrícola é seriamente afetada pela salinidade do solo e da água (Beltrán, 2016). O solo salino contém uma quantidade de sais solúveis bastante alta, capaz de comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esse excesso de sais pode ser inerente ao próprio solo e pode advir da água de irrigação, por elevação do lençol freático ou por intrusão de água do mar (Braga e Marouelli, 2017).

Caso a salinização seja consequência da irrigação com águas salinas, a técnica de controle utilizada é a mesma utilizada em campo aberto, que consiste em permitir que lâminas excedentes de irrigação percolem no perfil do solo e garantam um equilíbrio favorável dos sais na zona radicular da cultura (Medeiros et al., 2016).

As consequências do excesso de sais no solo são a redução progressiva do desenvolvimento das culturas e da produtividade na área. Se o processo de acumulação de sais continuar, parar de cultivar nessa área é a fase seguinte que leva à desertificação da terra (Beltrán, 2016).

A classificação da qualidade da água para fins de irrigação é uma ferramenta que estabelece os fundamentos para prever, com uma margem razoável de confiança, os efeitos de sua utilização no solo e nas plantas (Silveira et al., 2020).

Richards (1954) classifica a água segundo sua condutividade elétrica (CE), recebendo denominações sucessivas de C1, C2, C3 e C4, sendo elas baixa, média, alta e muito alta, respectivamente; 3 segundo a relação de adsorção de sódio (RAS), que se baseia no efeito do

sódio trocável nas condições físicas do solo, causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade, dividindo-se em quatro classes: S1, S2, S3 e S4, sendo elas baixa, média, alta e muito alta, respectivamente (Holanda et al., 2016).

O problema das áreas irrigadas com água com alto nível de salinidade ocorre quando se faz uso da irrigação sem as técnicas apropriadas de manejo, principalmente no que diz respeito à aplicação de lâminas de lixiviação. Devido ao processo de evapotranspiração, os sais permanecem no solo e, com o tempo, podem deixar o solo numa concentração salina elevada, tornando-o salinizado (Braga e Marouelli, 2017). Conhecer a qualidade da água de irrigação é fundamental para se definir o manejo, visando a produtividade a longo prazo (Bauder et al., 2014).

Nos últimos anos, verificou-se um aumento significativo dos estudos relacionados às estratégias de manejo de salinidade, além da utilização de lâminas e frações de lixiviação, diversas substâncias exógenas, de natureza química e orgânica, têm sido utilizadas na forma de pulverizações, em solução nutritiva ou no pré-tratamento de sementes, no sentido de minorar os efeitos da salinidade sobre as plantas como, por exemplo, a prolina, o ácido ascórbico, o peróxido de hidrogênio e o ácido húmico (Ali et al., 2020; El-Kady e Borham, 2020).

A fim de se conseguir bons resultados, a gestão da salinidade do solo e da água necessita de uma abordagem integrada, considerando diferentes aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais específicos de cada projeto de desenvolvimento agrícola (Beltrán, 2016).

### 3. Efeitos morfofisiológicos do estresse na cultura do pimentão

Visando atender à demanda por pimentões de maior qualidade, como os coloridos, o cultivo protegido de pimentão teve grande expansão a partir do final da década de 90. Nesse sistema de cultivo, a irrigação por gotejamento é usada pela maioria dos produtores, devido às inúmeras vantagens que oferece, bem como à possibilidade de fornecimento de fertilizantes via fertirrigação. Entretanto, o cultivo sucessivo do pimentão, especialmente quando realizado em ambiente protegido e sem o uso correto da irrigação e da fertirrigação, tem acarretado problemas de salinização (Braga e Marouelli, 2017).

O estresse salino afeta negativamente o conteúdo de clorofilas e pigmentos acessórios (licopeno e  $\beta$ -caroteno) nas folhas das plantas de pimentão, o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. Nas frutas, a salinidade também tem um impacto negativo, pois reduz o conteúdo de importantes compostos bioativos, como flavonoides e glutathione (González-García et al., 2021).

O crescimento das plantas também é afetado pelos sais, devido ao aumento da pressão osmótica no solo, já que uma alta concentração de sais na solução do solo reduz a capacidade das plantas de absorver água e nutrientes, expondo-as ao estresse hídrico (Machado e Serralheiro, 2017). Para economizar água, as plantas fecham seus estômatos, o que restringe simultaneamente a entrada de CO<sub>2</sub> na folha, reduzindo a fotossíntese (Stepien e Johnson, 2008).

O teor relativo de água (TRA) é o indicador mais comum do estado da água da planta em termos de cenários fisiológicos de déficit hídrico celular (Tanentzap et al., 2015). Reduções na biomassa vegetal, na área foliar e no crescimento têm sido observadas em diferentes culturas sob estresse salino (Zribi et al., 2009; Giuffrida et al., 2013).

Braga e Marouelli (2017) ressaltam a importância de monitorar a qualidade da água ou das soluções de fertirrigação, pois a cultura do pimentão é sensível à salinidade e não tolera condições com condutividade elétrica acima de 2 dS m<sup>-1</sup>. O pimentão é uma cultura classificada como moderadamente sensível à salinidade, sendo 1,5 dS m<sup>-1</sup> o valor máximo de salinidade do solo para que não ocorra perdas de produtividade (Lorenz e Maynard, 1988; Holanda et al., 2016).

Arruda et al. (2011), em estudo realizado com rejeito de dessalinização de água salina, relatam que a salinidade da solução nutritiva de cultivo reduz a produtividade comercial do pimentão cultivar “Margarita” em 6,67%, para cada aumento unitário de salinidade acima de 2,8 dS m<sup>-1</sup>;

Em estudo realizado para avaliar os efeitos da salinidade em mudas de pimentão, Santos et al. (2020) relatam diminuição de massa fresca da raiz e massa seca da parte aérea das plantas a partir de 2 dS m<sup>-1</sup> na água de irrigação. Os autores chamam atenção para o fato de que o aumento dos sais na solução do solo reduz a produção, acumulação e distribuição de fotoassimilados essenciais às plantas.

Veloso et al. (2021), avaliando o efeito do estresse salino na cultura do pimentão, relatam que a condutância estomática do pimentão cultivar *All Big* diminuiu linearmente, em 11,65% por unidade de aumento na salinidade da água de irrigação. A mesma tendência foi observada para a transpiração foliar que, com o aumento da salinidade da água, a transpiração diminuiu 7,92% por unidade de aumento da condutividade elétrica da água. Além disso, foi observada uma redução do número médio de frutos por planta, sendo que o maior número foi encontrado em plantas irrigadas com água com condutividade elétrica de 1,6 dS m<sup>-1</sup> e o menor em plantas irrigadas com condutividade 3,2 dS m<sup>-1</sup>.

#### 4. Ácido húmico na agricultura como promotor de tolerância ao estresse salino

Substâncias húmicas são encontradas em todos os solos e águas que contêm matéria orgânica, sendo o resultado de processos biológicos e químicos; e as quantidades geradas no solo são várias vezes maiores do que as das águas. São moléculas muito grandes e complexas, extraídas da matéria orgânica, que têm sido utilizadas de várias maneiras na produção de plantas. Existem inúmeros relatos de respostas de plantas a esses materiais (Hayes, 1998; Mikkelsen, 2005).

Substâncias húmicas surgem da decomposição de plantas e tecidos animais, seu tamanho, peso molecular, composição elementar, estrutura e o número e posição dos grupos funcionais variam, dependendo da origem e idade do material (Gaffney et al., 1996). As substâncias húmicas têm uma abundância de grupos carboxílicos e grupos fenólicos fracamente ácidos, que contribuem para suas propriedades de complexação e troca iônica. Eles exibem características hidrofóbicas e hidrofílicas e podem se ligar às superfícies minerais do solo (Mikkelsen, 2005).

Eles são tradicionalmente definidos de acordo com suas solubilidades, em que os ácidos fúlvicos são aqueles materiais orgânicos que são solúveis em água em todos os valores de pH. Já os ácidos húmicos são aqueles materiais que são insolúveis em valores de pH ácidos ( $\text{pH} < 2$ ), mas são solúveis em valores de pH mais elevados (Gaffney et al., 1996).

As substâncias húmicas podem influenciar direta e indiretamente no sistema solo-planta. Os efeitos indiretos das substâncias húmicas estão ligados à melhoria das condições físicas, químicas e propriedades microbiológicas dos solos; já as ações diretas na planta são devidas aos seus efeitos na germinação, crescimento da raiz e parte aérea da planta e na sua atividade hormonal (Ouni et al., 2014).

Diversos estudos relatam que a aplicação de ácido húmico afeta positivamente os parâmetros de desenvolvimento de plantas cultivadas em condição de salinidade. Suas aplicações também fornecem muitos benefícios ao solo agrícola, incluindo maior capacidade de reter umidade, melhor capacidade de retenção de nutrientes, melhor estrutura do solo e níveis mais altos de atividade microbiana (Ouni et al., 2014).

Em estudo realizado com *Terminalia arjuna* (Roxb.) Wight & Arn, uma espécie arbórea, El-Kady e Borham (2020) relatam que os valores de concentrações de clorofila a e b registrados para plantas irrigadas com água salina e ácido húmico foram próximos aos registrados nas plantas irrigadas com água da torneira, além disso, o tratamento de plantas com ácido húmico reduziu notavelmente os efeitos negativos da água de irrigação salina,

apresentando plantas com caules significativamente mais grossos, mais altas, com maior número de folhas por planta e maior área foliar.

Çöl Keskin e Akinerdem (2021), em estudo realizado na estação de pesquisa de solos, água e combate à desertificação de Konya, relatam que aumentos de produtividade significativos foram alcançados nas aplicações de ácido húmico em plantas de batata, o que aumentou o rendimento dos tubérculos, sendo o maior rendimento de tubérculos grandes obtido com a variedade *Brooke*, na aplicação de 6,0 L de ácido húmico a cada 0,1 hectare.

Elkhatib et al. (2021), estudando a aplicação de substâncias exógenas em plantas de pimentão sob estresse salino, relatam que a aplicação de ácido húmico apresentou médias superiores para as características massa fresca de folhas, massa seca de folhas e área foliar, quando comparadas com o tratamento com água salina (NaCl a 1500 ppm) em dois anos de cultivo.

A recuperação do solo afetado por sais requer uma melhoria das propriedades biológicas, físicas e químicas. Embora bons resultados tenham sido obtidos nestes estudos, mais pesquisas e, especialmente, ao que se refere à definição de dosagens para as diferentes culturas são necessários para obtenção de resultados mais confiáveis e conclusivos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2022, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista, Bahia. As coordenadas geográficas locais são 14° 53' 08'' de latitude sul e 40° 48' 02'' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 881 m. O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwb (tropical de altitude), com precipitação média anual de cerca de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março, e temperatura média anual de 20,2°C, cujas médias máxima e mínima variam entre 26,4°C e 16,1°C, respectivamente (SEI, 2013). O trabalho foi conduzido em ambiente protegido, coberto com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente de 150 micras de espessura plástica e fechada lateralmente com tela de 50% de sombreamento, com estrutura de arco galvanizado, possuindo as dimensões de 20,0 m de comprimento e 8,0 m de largura. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial duplo 5 x 4 (cinco doses de ácido húmico x quatro proporções de diluição de água salina), com quatro repetições.

#### 3.2. Instalação e condução do experimento

##### 3.2.1. Preparo do substrato

Para o cultivo das plantas nos vasos, foi utilizado solo obtido de um perfil de 0 a 20 cm, o qual foi destorroado, passado em peneira com malha de 4 mm e homogeneizado. Posteriormente, foi amostrado e encaminhado ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para realização de análise química, de matéria orgânica (Tabela 1) e física (Tabela 2). Em seguida, foi corrigido com calcário dolomítico PRNT 133%, na dosagem de 1.150 kg.ha<sup>-1</sup>, visando elevar o valor da saturação de bases para 80%, segundo recomendações técnicas para a cultura (Araújo et al., 2020). Além disso, também foi determinada a curva de retenção da água no solo com base em cinco pontos de tensão (Figura 1). A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi determinada conforme metodologia proposta pelo *US Salinity Laboratory* (Richards 1954) e correspondeu a 0,261 dS m<sup>-1</sup>.

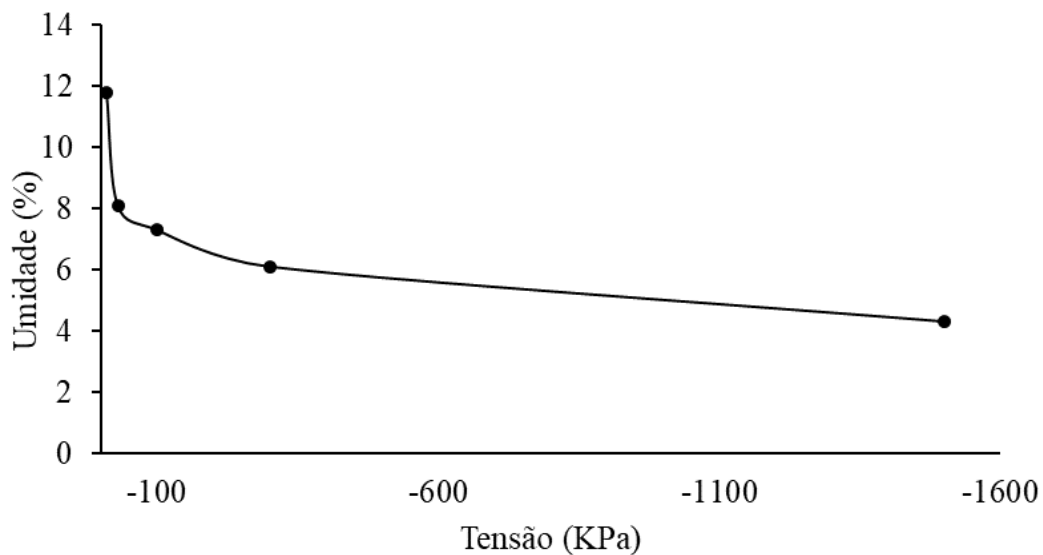


**Tabela 1.** Caracterização química do solo utilizado no estudo, analisado antes e após a realização da correção do solo

	pH	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> de solo								%	g dm <sup>-3</sup>			
	(H <sub>2</sub> O)	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S.B.	t	T	V	m	PST	M.O.
Antes	5,2	3,0	0,26	0,9	0,6	0,3	2,8	-	1,8	2,1	4,9	36	15	-	14
Após	7,0	5,0	0,26	2,7	1,8	0,0	1,2	0,13	4,9	4,9	6,1	80	0	2	12

**Tabela 2.** Caracterização física do solo utilizado no estudo

Frações da amostra total %			Comp. Granulométrica TFSA (g/Kg)				Classe Textural
Calh.	Casc.	Terra fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
200-20	20-2	< 2	2-0,20	0,20 - 0,05	0,05-0,002	< 0,002	Franco Argilo Arenosa
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0	0	100	575	135	30	260	



**Figura 1.** Curva de retenção de água no solo, determinada com base em cinco pontos de tensão (10, 30, 100, 300 e 1500 kPa).

Após 60 dias da correção, o solo foi utilizado para preencher os vasos com capacidade para 20 litros, contendo 3 cm de brita n° zero no fundo para favorecer a drenagem.

### 3.2.2. Preparo das mudas

Para o preparo das mudas, foi utilizada a cultivar de pimentão *All Big* da Topseed Blue Line. As sementes foram semeadas em bandejas de plástico de 128 células, em substrato comercial Technes®, composto de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal e espuma fenólica, duas sementes por célula. Quinze dias após a semeadura, foi feito o desbaste e realizada uma adubação foliar 30 dias após a semeadura, com adubo mineral completo com macro e micronutrientes.

### 3.2.3. Água de irrigação

A água utilizada para formar os tratamentos foi obtida de um poço tubular, localizado na zona rural do município de Vitória da Conquista - Bahia, no povoado conhecido como Pradoso. A água apresenta classificação C<sub>4</sub>S<sub>1</sub> (Tabela 3) e condutividade elétrica de 3,77 dS m<sup>-1</sup>. As soluções salinas que formaram os tratamentos foram preparadas por meio de diluição de água salina com água não salina (proveniente da rede de abastecimento), nos seguintes percentuais, referentes à água de poço salina/água não salina (100:0; 75:25; 50:50 e 0:100) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização química da água de irrigação utilizada no estudo

Parâmetros Analisados	100:0	75:25	50:50	0:100
Potencial de Hidrogênio (pH)	8,10	8,10	8,10	6,7
Cálcio (Ca <sup>++</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	13,50	10,60	7,10	0,30
Magnésio (Mg <sup>++</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	17,30	16,20	11,10	0,20
Potássio (K <sup>+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	0,41	0,31	0,18	0,03
Sódio (Na <sup>+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	5,48	4,18	3,88	2,60
Condutividade elétrica (CE) (dS m <sup>-1</sup> )	3,77	2,99	2,40	0,352
Razão de Adsorção de Sódio (RAS)	1,40	1,14	1,29	5,20
Classificação da Água para Irrigação (USSL)	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

### 3.2.4. Ácido húmico

O ácido húmico utilizado foi um produto comercial que contém 30% de extrato húmico total, composto por: 10% de carbono orgânico total, 13% de ácido húmico e 17% de ácido fúlvico.

A dose recomendada pelo fabricante é de 3,0 L ha<sup>-1</sup>. A fim de encontrar a melhor dose para atenuar o efeito da salinidade, foram utilizadas cinco dosagens: 0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 L ha<sup>-1</sup>. As soluções foram preparadas de acordo com o volume de solo para cada dose. Portanto, foram utilizadas 0,0; 0,375; 0,750; 1,125 e 1,500 mL para cada um dos tratamentos, sendo que o produto foi diluído em 100 mL de água e a aplicação foi realizada por meio da irrigação.

A aplicação foi parcelada em duas vezes, para evitar a lixiviação. A primeira aplicação foi realizada após o período de pegamento de mudas, 12 dias após o transplântio; e a segunda aplicação ocorreu 30 dias após a primeira.

### 3.2.5. Transplântio e manejo nutricional

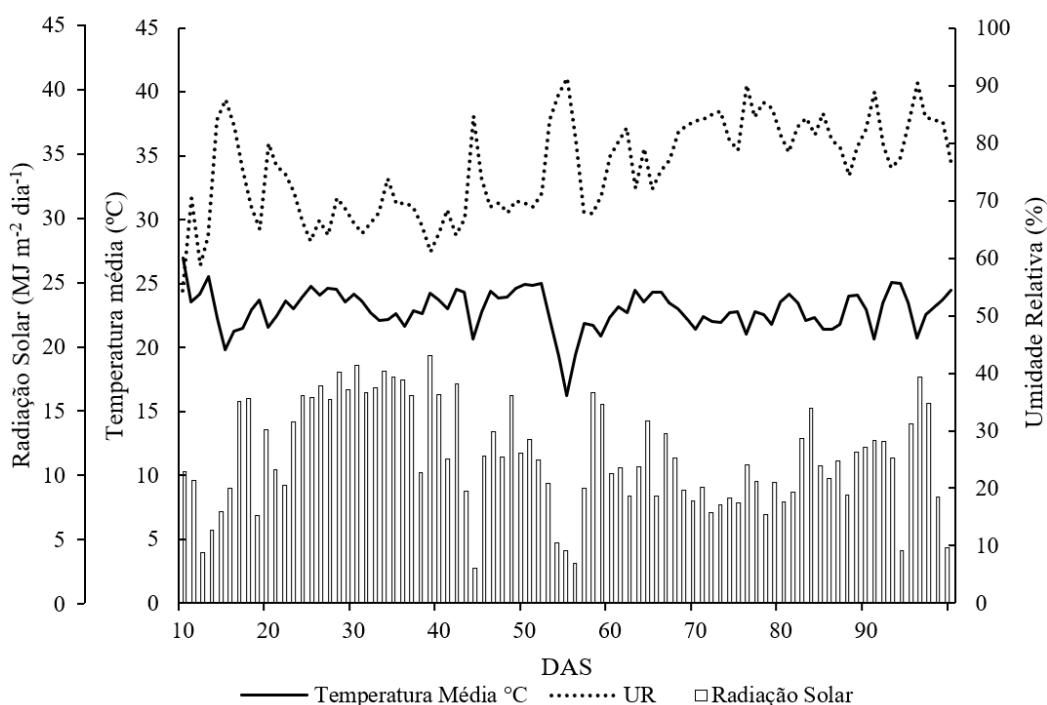
O transplântio foi realizado 30 dias após a semeadura nas bandejas, colocando-se uma planta por vaso. No mesmo dia, foi realizada adubação de fundação por fertirrigação com 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; foi utilizado o total de 197 gramas de MAP (fosfato monoamônico) e 40 gramas de KCl via fertirrigação. As mudas foram irrigadas com água de boa qualidade, proveniente da rede de abastecimento, durante 12 dias, para garantir o pegamento das mudas.

A primeira capina manual foi realizada 15 dias após o transplântio. As adubações foram realizadas conforme recomendação para a cultura, com 350 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, e 150 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (Araújo et al., 2020), parceladas em seis aplicações, a fim de evitar lixiviação de nutrientes ou fitotoxicidade nas plantas jovens.

### 3.2.6. Manejo de irrigação

O monitoramento do teor de água do solo foi realizado de forma indireta, para o qual foi utilizada uma estação meteorológica automática, modelo Davis Vantage Pro, instalada dentro da casa de vegetação. Foram monitoradas as temperaturas máxima, média e mínima, a umidade relativa do ar (Figura 2), a velocidade do vento e a radiação solar. Os dados foram baixados diariamente através do *software Weather Link* versão 6.0.5, para a obtenção da evapotranspiração de referência diária (ET<sub>0</sub>) com emprego da metodologia de Penman-

Monteith FAO 56. Para estimar a evapotranspiração da cultura (ETc), foram utilizados diferentes coeficientes de cultura (Kc), conforme o seu estágio fenológico, sendo que, na fase de desenvolvimento de mudas e desenvolvimento vegetativo, o Kc foi de 0,55; para a fase de floração e frutificação, o Kc foi de 0,80; na fase de produção plena, o Kc foi de 1,05; e na fase de declínio da produção, foi adotado o Kc de 0,85, de acordo com Marouelli e Silva (2012).



**Figura 2.** Average temperature, average relative humidity and daily solar radiation during the experimental period.

### 3.3. Características avaliadas

#### 3.3.1. Parâmetros biométricos e desenvolvimento

##### a) Morfologia

Aos 10 dias após o início dos tratamentos (DAIT), foram avaliadas a altura da planta (AP), o diâmetro do caule (DC) e o número de folhas (NF). Essas avaliações se repetiram aos 30 e 67 DAIT, exceto para o NF que foi avaliado durante dois períodos, aos 10 e 30 DAIT.

##### b) Área foliar

Durante o período de condução da cultura, a área foliar foi estimada por meio do método não-destrutivo para a cultura do pimentão, proposto por Lorenzoni et al. (2015), utilizando a

equação  $Y = 0,6379CL^{0,9816}$  ( $R^2 = 0,98$ ), em que  $Y = \text{Área foliar (cm}^2\text{)}$ ,  $C = \text{Comprimento da folha (cm)}$  e  $L = \text{Largura da folha (cm)}$ . Em seguida, foi feita a multiplicação pelo número de folhas e determinada a estimativa da área foliar por planta.

Ao final do experimento, as plantas foram colhidas e a parte aérea, as raízes e os frutos foram coletados separadamente. Em seguida, a área foliar (AF) foi determinada em laboratório, utilizando o aparelho Area Meter LI-3100C.

#### c) Biomassa

Foram pesados e determinados a biomassa fresca da parte aérea (BFPA), a biomassa fresca das raízes (BFR), o comprimento de raízes (CR) e o volume das raízes (VR). Após as aferições anteriores, o material foi levado para estufa de secagem com circulação de ar forçado a  $65^\circ\text{C}$  e secos até peso constante. Por fim, foram determinadas a biomassa seca da parte aérea (BSPA) e a biomassa seca da raiz (BSR).

#### d) NDVI

A refletância espectral, expressa como NDVI, foi avaliada aos 67 DAIT, utilizando-se um sensor óptico portátil (GreenSeeker®, Trimble, EUA). O dispositivo usa bandas vermelhas (660 nm) e infravermelhas (780 nm) e converte os dados refletidos diretamente em NDVI. As leituras foram realizadas às 10h da manhã, e foram coletadas segurando o equipamento a uma altura de cerca de 0,5 m acima da copa da planta.

### 3.3.2. Variáveis fisiológicas e bioquímicas

#### a) Teor relativo de água (TRA)

Foi avaliado em dois períodos, aos 30 e 67 DAIT. Discos foliares de 0,5 cm de diâmetro foram retirados das folhas superiores. Após a medição do peso fresco (PF), os discos foram flutuados em água destilada, por 24 horas. As amostras túrgidas foram rapidamente secas antes da determinação do peso túrgido (PT). O peso seco (PS) das amostras foi determinado após secagem em estufa a  $65^\circ\text{C}$ , por 48 horas. O TRA foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula:  $\text{TRA} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) * 100$ .

#### b) Extravasamento de eletrólitos (EE)

Foi avaliado, aos 67 DAIT, quando discos foliares de 0,5 cm de diâmetro nas folhas superiores foram colocados em 20 ml de água deionizada em tubos de ensaio. A condutividade

foi medida após 24 horas, utilizando-se um condutivímetro portátil Tecnal, modelo R-TEC-4P-MP. Em seguida, a condutividade foi medida novamente, após manter os tubos de ensaio em ebulição por 20 min, e o extravasamento de eletrólito foi expresso como porcentagem da condutividade total.

c) Índice SPAD

Foram efetuadas as medições em folhas totalmente expandidas na porção superior. Essas medições ocorreram nos dias 10, 30 e 67, após o início do tratamento (DAIT), utilizando-se um medidor SPAD portátil. Três leituras foram realizadas para cada parcela, e a média dessas leituras foi calculada para representar o valor da respectiva parcela.

d) Teor de amido (AM)

A determinação do teor de amido foi conduzida conforme o procedimento estipulado na Instrução Normativa nº 20 (Brasil, 1999). Uma porção de 0,25 g de folhas desidratadas, previamente desengorduradas em hexano, foi incorporada a 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M e aquecida a 100 °C, durante 1 hora. Posteriormente, água foi adicionada para completar o volume até 250 mL. Em seguida, 1 mL dessa solução foi coletado, resfriado a 0 °C, e misturado com 5 mL de solução de antrona 0,005 M. Após esse procedimento, a mistura foi aquecida a 100 °C, por 11 minutos, seguida de resfriamento à temperatura ambiente. As leituras espectrofotométricas foram realizadas a 620 nm, e os resultados foram expressos em mg g<sup>-1</sup> de massa seca.

e) Teor de açúcares redutores (AR)

Os açúcares redutores foram obtidos a partir de uma combinação de 200 mg de folhas desidratadas e 15 mL de solução tampão KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 M, seguida por três ciclos de centrifugação de 45 minutos, a 2.500 g, visando à subsequente coleta do sobrenadante, o qual foi considerado como o extrato. A determinação do teor de açúcares redutores seguiu o método proposto por Miller (1959), que se baseia na formação de uma mistura reacional contendo 0,8 mL do extrato, 0,5 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) e 0,4 mL de água deionizada, mantida em banho-maria a 100 °C, por cinco minutos. Após o resfriamento, o volume foi ajustado para 5 mL com água deionizada, para subsequente análise espectrofotométrica a 540 nm. Os resultados foram expressos em micromol de açúcares redutores por grama de massa seca (μmol g MS<sup>-1</sup>).

f) Teor de aminoácidos (AA)

Para determinação dos aminoácidos, foram utilizados 0,2 g de massa seca das folhas em tubos contendo 3 ml de álcool. Os tubos foram fechados e aquecidos em banho-maria a 60 °C, por 20 minutos. Para a quantificação dos teores de aminoácidos, realizou-se a medição da absorbância a 570 nm, com a aplicação do método da ninhidrina ácida (Yemm et al., 1955), os resultados foram expressos em micromol de aminoácidos por grama de massa seca ( $\mu\text{mol g MS}^{-1}$ ).

#### g) Teor de Prolina (PRO)

O teor de prolina foi determinado de acordo com Bates et al. (1973), pelo método da ninhidrina ácida. As amostras de folhas secas foram centrifugadas em solução de ácido sulfossalicílico e coletando-se 2 mL do extrato após esse processo. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução ácida de ninhidrina (1,25 g de ninhidrina, 30 mL de ácido acético glacial, 20 mL de ácido fosfórico 6 M) e 2 mL do acético glacial nas amostras que foram incubadas a 100 °C, por 1 h; e depois colocadas em gelo para finalizar a reação. Foram adicionados 2 mL de tolueno, seguindo de agitação por 20 segundos, para a completa extração da prolina. As leituras do sobrenadante foram realizadas em espectrofotômetro a 520 nm. Os resultados foram expressos em micromol de prolina por grama de massa seca ( $\mu\text{mol g MS}^{-1}$ ).

### 3.3.3. Variáveis de produção

A produção de frutos foi obtida pela pesagem dos frutos frescos. Foi determinada a massa fresca dos frutos (MFF) que, em seguida, foram levados à estufa de secagem com circulação de ar forçada, durante 72 horas, a 65 °C, para determinação da massa seca de frutos (MSF) de cada planta, pesado com balança digital.

### 3.3.4. Teor nutricional foliar

Ao final do experimento, após a determinação da biomassa seca, amostras do tecido vegetal foliar foram trituradas em moinho de facas tipo Willey, pesadas cerca de 10 gramas por amostra e encaminhadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, para a determinação dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio.

### 3.3.5. Avaliação de solo

Ao final do experimento, amostras de solo de cada parcela experimental foram coletadas e encaminhadas ao laboratório de solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para determinação dos parâmetros químicos do solo. A condutividade elétrica do extrato de saturação de cada amostra do solo foi determinada de acordo com a metodologia proposta pelo *US Salinity Laboratory* (Richards 1954).

### 3.4. Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) e as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão, utilizando-se o programa AGROESTAT, versão 1.0 (Barbosa e Maldonato Júnior, 2015). Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes da regressão (5% de significância) e de determinação. Para os fatores cuja interação foi significativa, foram ajustados modelos de superfície de resposta, tendo a resposta como variável dependente e os níveis de salinidade e doses de ácido húmico como variáveis independentes, por meio do software R, versão 4.3.2 e o *package ExpAnalysis3d* versão 0.1.2 (Azevedo, 2023).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Morfologia e desenvolvimento

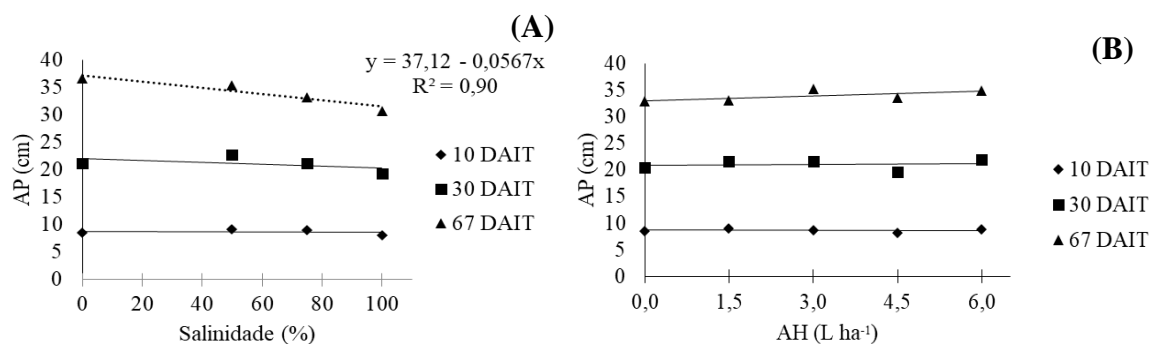
A altura de plantas (AP) não foi afetada significativamente nos dois primeiros períodos avaliados, 10 e 30 dias após o início dos tratamentos (DAIT), tanto para os tratamentos níveis de salinidade e dosagens de ácido húmico, como para a interação. No entanto, para a avaliação realizada no terceiro período (67 DAIT), só houve diferença significativa entre as plantas submetidas a diferentes níveis de salinidade (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância para alturas de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

FV	GL	Fc							
		AP1	AP2	AP3	DC1	DC2	DC3	NF1	NF2
Salinidade (S)	3	1,55 ns	1,71 ns	5,12**	0,54 ns	0,45 ns	1,14 ns	0,15 ns	0,55 ns
Ácido húmico (AH)	4	0,68 ns	0,64 ns	0,70 ns	0,23 ns	0,17 ns	0,80 ns	0,34 ns	1,66 ns
S x AH	12	1,35 ns	1,10 ns	0,42 ns	1,03 ns	0,81 ns	0,80 ns	0,34 ns	0,44 ns
CV (%)		18,68	23,24	14,84	16,59	19,85	13,61	18,65	30,55%

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

A altura de plantas, ao 67 DAIT, diminuiu com o aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação, ajustando-se ao modelo de regressão linear (Figura 3). No entanto, não houve diferença significativa para os demais períodos ou para o tratamento com ácido húmico (Figura 3). A redução na altura de plantas, aos 67 DAIT, pode ser explicada pelo fato de que a irrigação com água salina causou um efeito cumulativo no solo, prejudicando o desenvolvimento da planta, sendo perceptível apenas no último período de avaliação. Médias de 36,55 e 30,72 cm foram encontradas para os tratamentos sem salinidade e 100% salino, respectivamente, havendo uma redução de 16% na altura de plantas.



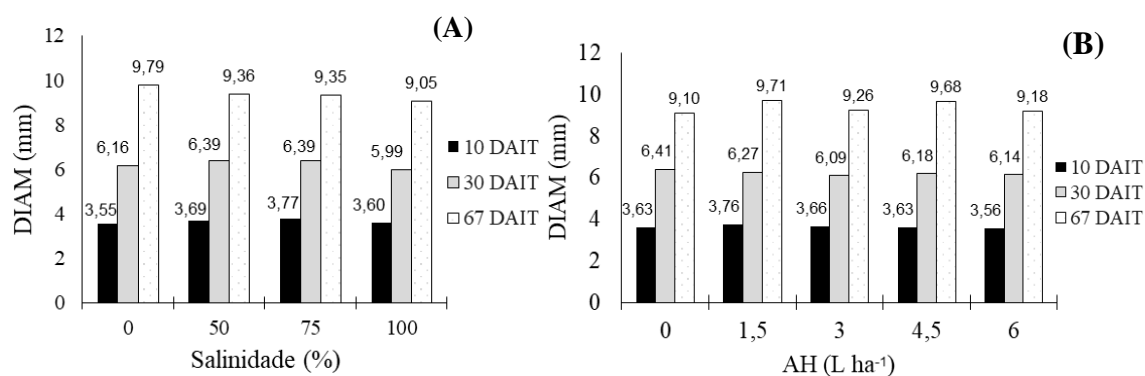
**Figura 3.** Altura de plantas (AP) de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10, 30 e 67 DAIT.

A salinidade causa uma preocupação significativa, em função dos seus impactos adversos no desenvolvimento das plantas, incluindo, mas não se limitando, à redução do comprimento do caule, que é afetado negativamente pela salinidade, devido à interrupção de certos processos fisiológicos (Hailu e Mehari, 2021). Geralmente, os efeitos prejudiciais da salinidade incluem a redução da absorção inicial de água e do crescimento, que resulta em plantas menores (Minhas et al., 2020). A redução do crescimento da parte aérea de plantas é um reconhecido indicador do estresse salino (Negrão et al., 2016).

Os resultados obtidos estão de acordo com o de outros autores, que relatam a redução do comprimento do caule em plantas de pimentão sob estresse salino (Abdelaal et al., 2019; Samaddar et al., 2019).

As plantas de pimentão não apresentaram sensibilidade aos efeitos da salinidade para a característica diâmetro do caule (Tabela 4), não havendo diferença significativa entre os tratamentos ou na interação dos fatores sobre essa característica em nenhum dos períodos avaliados (10, 30 e 67 DAIT).

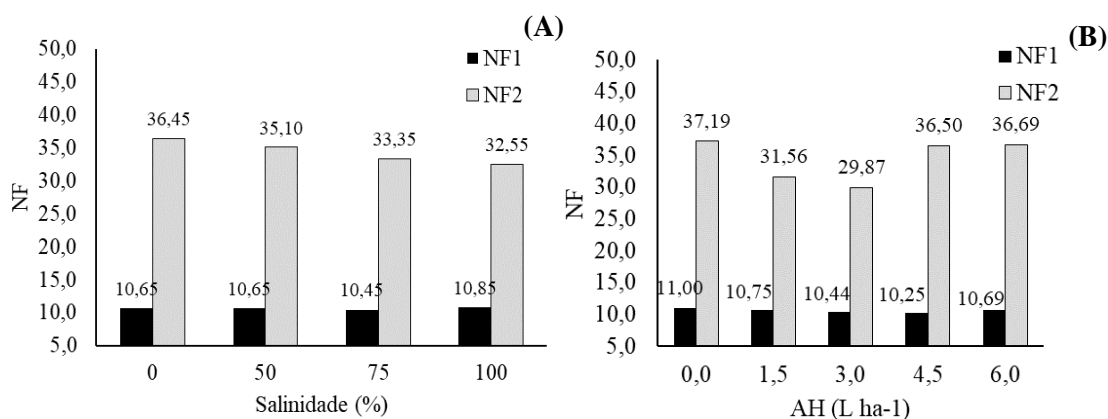
O menor valor médio foi encontrado no tratamento com maior salinidade, representando uma redução de 7,5%, quando comparado ao tratamento sem a utilização de água salina (Figura 4).



**Figura 4.** Diâmetro do caule (DIAM) de plantas de pimentão (mm) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10, 30 e 67 DAIT.

O número de folhas das plantas de pimentão não foi influenciado significativamente pelos diferentes tratamentos utilizados nos dois períodos avaliados (10 e 30 DAIT) (Tabela 4).

Apesar de não apresentar diferença significativa entre os tratamentos, o número de folhas (NF) apresentou redução de 10% no valor médio, sob o tratamento com água salina, quando comparado ao tratamento sem uso de água salina no segundo período avaliado (Figura 5).



**Figura 5.** Número de folhas (NF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10 DAIT e 30 DAIT.

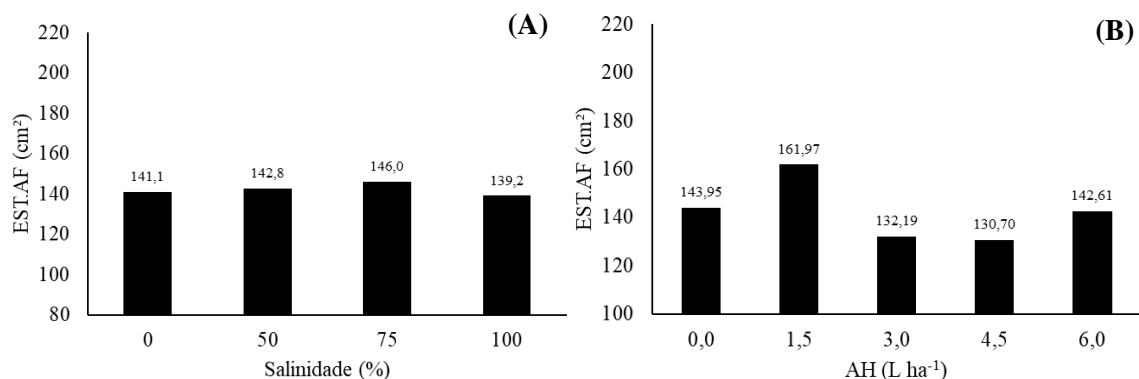
A estimativa da área foliar para o período inicial de desenvolvimento da cultura, realizada aos 10 DAIT, não foi afetada significativamente pelos tratamentos utilizados e sua interação (Tabela 5). Entretanto, para a avaliação realizada ao final do experimento (67 DAIT), foram observadas diferenças nos níveis de salinidade na água de irrigação (Tabela 5).

**Tabela 5.** Análise de variância para estimativa de área foliar (EST.AF), área foliar (AF), massa fresca (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e NDVI das plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico

FV	GL	Fc				
		EST.AF	AF	MFPA	MSPA	NDVI
Salinidade (S)	3	0,03ns	4,91**	3,42*	5,34**	3,37*
Ácido húmico (AH)	4	0,46ns	0,18ns	0,03 ns	0,69 ns	0,93 ns
S x AH	12	1,32 ns	1,65 ns	1,32 ns	1,66 ns	1,00 ns
CV (%)		52,1	16,36	15,00	19,05	7,84

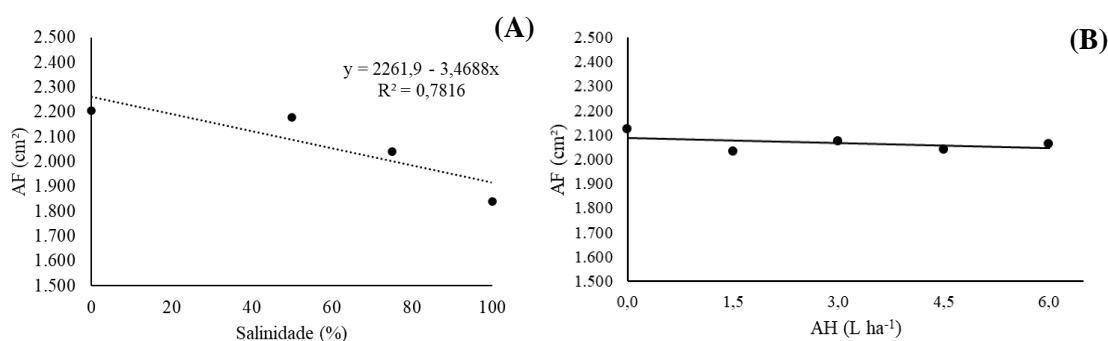
\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

Em conformidade com os dados encontrados para as características morfológicas avaliadas, a estimativa da área foliar, determinada aos 10 DAIT, não apresentou diferença entre nenhum dos tratamentos (Figura 6), corroborando a teoria de que o acúmulo de sais não afetou significativamente o desenvolvimento das plantas durante o período inicial.



**Figura 6.** Estimativa da área foliar (EST.AF) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 10 DAIT.

Houve acúmulo de sais que desencadeou redução da área foliar (AF), em que o tratamento controle, sem o uso da água salina, apresentou média de 2.206,72 cm<sup>2</sup> enquanto o tratamento que recebeu apenas água salina apresentou média de 1.840,32 cm<sup>2</sup>, causando uma redução de 16,6% (Figura 7), provocando, possivelmente, a redução da produção de fotoassimilados, em consequência do decréscimo da atividade metabólica da planta.



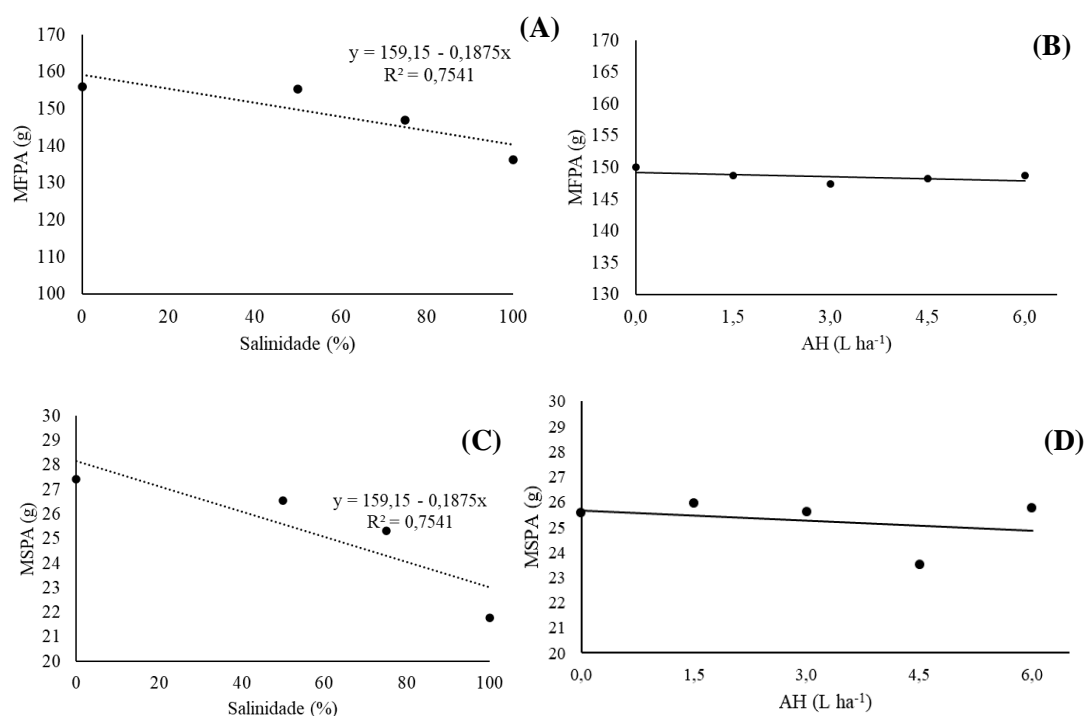
**Figura 7.** Área foliar (AF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

Os diferentes níveis de salinidade afetaram significativamente a massa fresca (MFPA) e a massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de pimentão, contudo, não foi verificado efeito da interação entre os tratamentos níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico (Tabela 5).

Consoante aos resultados encontrados para a altura de plantas e área foliar, o tratamento com água salina reduziu significativamente a massa fresca e seca das plantas de pimentão, com redução de 12,6 e 20,6%, respectivamente, quando comparados aos tratamentos 0% e 100% salino (Figura 8). Estes resultados se assemelham aos encontrados por Souza et al. (2023) que observaram redução no acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas de pimentão à medida que os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram.

Diante do estresse salino, a resposta final da planta é o fechamento estomático, levando a uma diminuição na assimilação de dióxido de carbono; esse efeito, por sua vez, contribui para a diminuição do crescimento total da planta, que resulta em uma redução significativa no acúmulo de biomassa, conforme destacado por Hussain et al. (2019).

A diminuição no acúmulo de biomassa indica que a planta estava enfrentando estresse osmótico, uma condição que tem o potencial de comprometer as funções celulares, resultando em danos às células e, conseqüentemente, impactando negativamente no crescimento e no acúmulo de biomassa das plantas (Ma et al., 2020).



**Figura 8.** Massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A e C) e doses de ácido húmico (B e D).

Os resultados apresentados na Tabela 6 apontam que houve efeito significativo na interação dos fatores das características volume de raízes e massa fresca e seca de raízes;

todavia, não houve efeito significativo nos tratamentos e sua interação para a característica comprimento de raízes.

**Tabela 6.** Análise de variância para comprimento (CR), volume (VOLR), massa fresca (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico

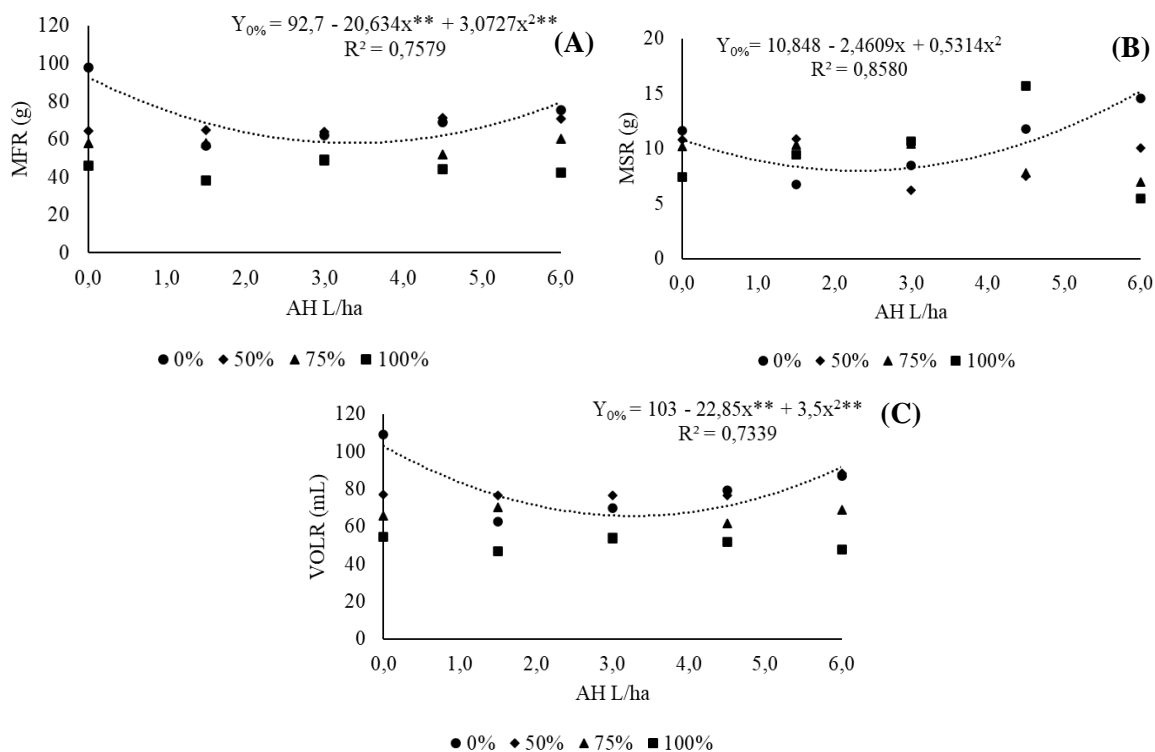
FV	GL	Fc			
		CR	VOLR	MFR	MSR
Salinidade (S)	3	1,98 ns	23,43**	23,15**	18,6**
Ácido húmico (AH)	4	0,32 ns	3,04*	2,79*	4,29*
S x AH	12	0,66 ns	2,11*	2,08*	3,05*
CV (%)		17,87	19,10	19,62	34,25

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

As características de raízes, com efeito significativo para a interação, apresentaram diferença significativa apenas para a água não-salina, dentro das doses de ácido húmico, ajustando-se à equação de regressão ao modelo quadrático. Dessa forma, a influência desses fatores foi analisada através do desdobramento dos níveis de salinidade dentro das doses de ácido húmico (Figura 9).

Observa-se, na Figura 9, que os modelos quadráticos apresentaram significância nos componentes lineares e quadráticos. As dosagens mínimas de ácido húmico foram iguais a 3,35, 2,31 e 3,26 L ha<sup>-1</sup> para produzir valores mínimos de MFR, MSR e VOLR, respectivamente, em plantas de pimentão produzidos em condições de ausência de salinidade. A partir da dose mínima encontrada, que corresponde ao valor mínimo para essas características, houve aumento de 29, 20% e 7,8% para MFR, MSR e VOLR, respectivamente.

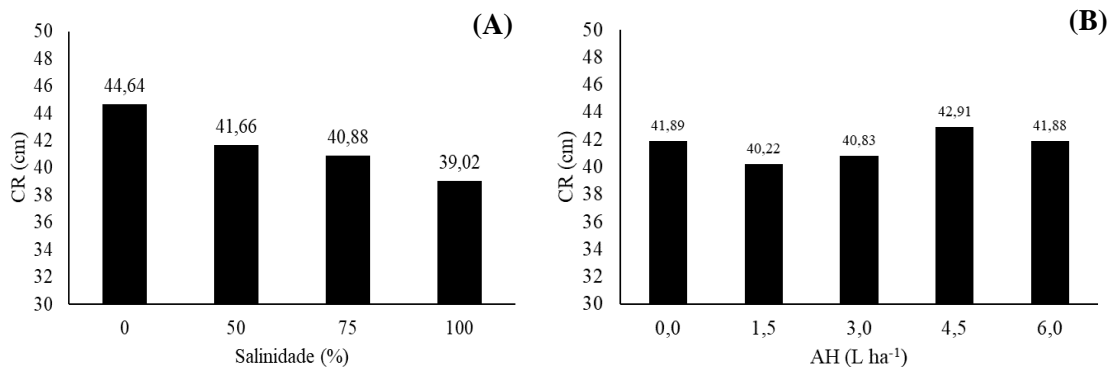
O ácido húmico pode estimular o alongamento das raízes e a emissão de raízes laterais, o que proporciona o aumento da atividade radicular, assim como a expansão da área de contato entre as raízes e os nutrientes do solo (Zhang et al., 2017). Além disso, as plantas podem regular o crescimento das raízes e ajustar-se para atender à demanda hídrica, de acordo com a disponibilidade de água e distribuição da salinidade em diferentes zonas do solo (Minhas et al., 2020).



**Figura 9.** Massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VOLR), e de plantas de pimentão em função das doses de ácido húmico e níveis de salinidade da água de irrigação.

Esses resultados estão em concordância com os obtidos por outros autores, que observaram um aumento de até 32,7% no comprimento das raízes de plantas de milho cultivadas em solos alcalinos, devido ao acúmulo de sais, e sob aplicações de ácido húmico, em comparação com o grupo de controle, sem ácido húmico (Yang et al., 2023).

O comprimento de raízes não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores avaliados, o que pode ter sido influenciado pelo tamanho dos vasos que, possivelmente, limitaram o desenvolvimento vertical do sistema radicular. Porém, apesar de não apresentar diferença significativa, foi possível perceber que houve uma redução, quando comparados o tratamento não salino com os tratamentos em que foram utilizadas águas salinas, apresentando médias de 44,64 e 39,02 cm, respectivamente (Figura 10). Isso representa uma redução de 12,6% no comprimento de raízes.



**Figura 10.** Comprimento de raízes (CR) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

Observa-se que o maior nível de salinidade utilizado, independente da utilização do ácido húmico, causou efeito negativo em todas as variáveis morfológicas. A redução no desenvolvimento e dos parâmetros morfológicos das plantas de pimentão pode estar relacionada à redução do potencial osmótico do solo, ocasionado devido ao aumento dos teores de sais presentes na água utilizada para irrigação. O excesso de sais reduz o potencial osmótico do solo; mesmo que ele tenha umidade, as plantas são incapazes de absorver a água do solo (Freire et al., 2021; Zaman et al., 2018).

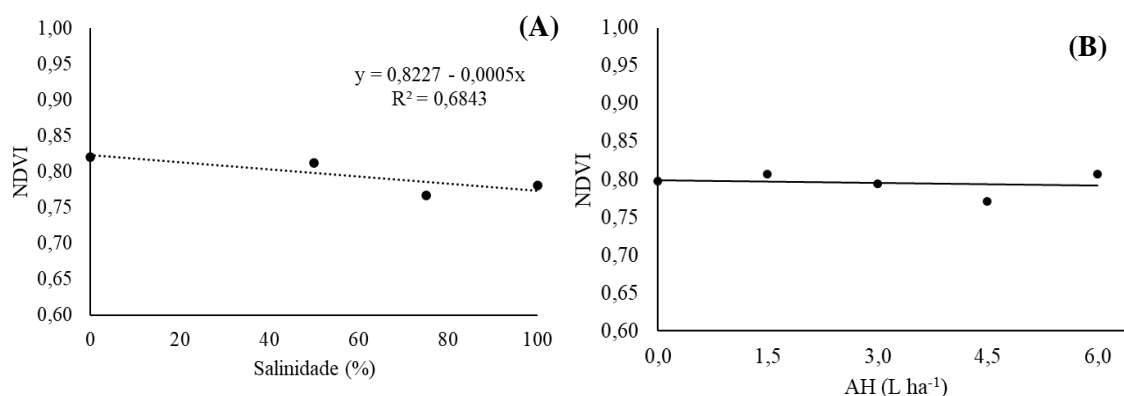
As características morfológicas das plantas de pimentão, exceto os parâmetros de raízes, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem a aplicação do ácido húmico. Em estudo realizado com plantas de *Salvia splendens*, sob estresse salino, o ácido húmico não atenuou parâmetros de desenvolvimento, como a área foliar e o crescimento das plantas (Karimian et al., 2019).

De acordo com os resultados da análise de variância, houve diferença significativa para o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o tratamento níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 5). O efeito das interações dos níveis de salinidade e ácido húmico e do tratamento com ácido húmico isolado não foram significativos.

Foi encontrada uma correlação negativa entre o NDVI e os níveis de salinidade, em que o NDVI diminuiu à medida que os níveis de salinidade aumentaram (Figura 11). O estresse causado pela água salina pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. O excesso de sais no solo diminui a absorção de água pelas plantas à medida que o potencial osmótico do solo é reduzido, conseqüentemente, há diminuição do desenvolvimento das plantas e do acúmulo de massa seca (Gheyi et al., 2016).



O NDVI é um dos muitos índices de vegetação que podem ser obtidos através da reflectância espectral. É uma combinação de reflectância vermelha e infravermelha e tem grande correlação com características morfológicas e fisiológicas das plantas (Kasimati, 2023).



**Figura 11.** Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 67 DAIT.

Em um estudo para definir o melhor índice para identificar o estresse em plantas de pimentão, Ihuoma e Madramootoo (2019) mostraram que os índices de vegetação poderiam detectar o estresse hídrico.

Beisel et al. (2018), estudando *Arabidopsis thaliana*, mostraram que o estresse salino pode ser detectado pelo NDVI, em até 15 minutos após a planta ter sido exposta aos tratamentos salinos. Quando a planta está sob estresse salino, ela responde fechando seus estômatos, o que leva à diminuição de diversos processos bioquímicos, incluindo a produção de fotoassimilados, bem como o crescimento e divisão celular (Shahid et al., 2020). Assim, isso indica que houve redução dos pigmentos fotossintéticos e que a planta está absorvendo menos luz vermelha, resultando em menor NDVI.

As características altura de plantas, durante os dois primeiros períodos avaliados, diâmetro de caule e número de folhas, em todos os períodos avaliados, estimativa da área foliar e comprimento de raízes, não foram influenciados significativamente pelos tratamentos. Esses resultados, exceto comprimento de raízes, podem estar relacionados ao fato que, durante o período inicial de manejo, os teores de sais presentes na água de irrigação não proporcionaram o acúmulo de sais para alcançar níveis críticos na zona radicular para que a cultura apresentasse sintomas. O desempenho da planta e sua produtividade pode não diminuir até que seja atingido um nível de salinidade considerado como “limiar” (Hussain et al., 2019).

Além disso, as plantas podem ter acionado mecanismos bioquímicos de tolerância, como, por exemplo, a osmorregulação, para atenuar os efeitos do estresse salino nas características morfológicas. A fim de atenuar os efeitos do estresse salino, a planta recorre a adaptações, como o ajuste osmótico, o fechamento dos estômatos, o aumento da eficiência da transpiração e o aumento na produção de substâncias que atuam no sistema de defesa antioxidante (Hussain et al., 2019).

Diante dos resultados e observando as respostas das características morfológicas das plantas, pode-se inferir que a aplicação de ácido húmico não proporcionou atenuação dos efeitos da irrigação com água salina, exceto para algumas características de desenvolvimento de raízes, que pode ser explicado pelo fato de que a aplicação diretamente no solo, em contato direto com as raízes, pode ter favorecido o desenvolvimento destas.

#### 4.2. Fisiológicas e bioquímicas

Os níveis de salinidade da água de irrigação, a dosagem de húmico ou a interação entre eles não afetaram significativamente o teor relativo de água (TRA) das plantas de pimentão durante os dois períodos avaliados (10 e 30 DAIT), conforme a Tabela 7.

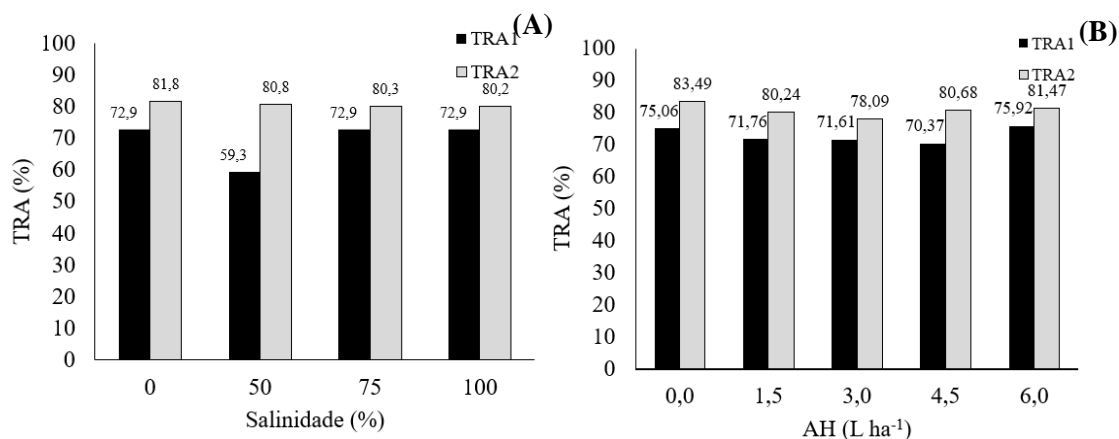
**Tabela 7.** Análise de variância para teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (EE) e índice SPAD (SPAD) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

FV	GL	Fc					
		TRA1	TRA2	EE	SPAD1	SPAD2	SPAD3
Salinidade (S)	3	0,50 ns	0,30 ns	21,23**	2,02 ns	0,10 ns	4,35**
Ácido Húmico (AH)	4	2,25 ns	1,76 ns	1,87 ns	1,10 ns	1,97 ns	0,59 ns
S x AH	12	0,61 ns	0,69 ns	0,53 ns	1,23 ns	0,58 ns	1,01 ns
CV (%)		8,78	7,32	13,40	9,43	7,63	6,69

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

Plantas sob estresse salino, normalmente, perdem água de seus tecidos, o que pode levar à redução do desenvolvimento como um todo. Manter o conteúdo de água nos tecidos, em níveis ótimos diante do estresse ambiental, é uma habilidade importante para preservar a integridade metabólica de plantas (Negrão et al., 2016).

Durante os dois períodos avaliados, as plantas de pimentão não mostraram diferenças significativas entre o tratamento não-salino e o tratamento salino (Figura 12), o que pode significar uma adaptação da cultivar para essa característica. Sob condições salinas, as plantas geralmente ajustam seu potencial osmótico para manter a pressão de turgor, podendo dificultar a obtenção de respostas ao utilizar métodos clássicos para medir o teor relativo de água (Boyer et al., 2008).

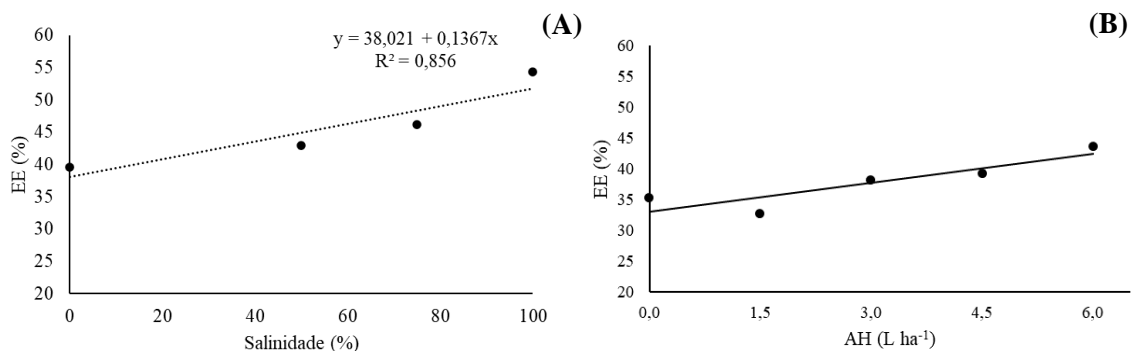


**Figura 12.** Teor relativo de água em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 30 (TRA1) e 67 DAIT (TRA2).

O extravasamento de eletrólitos (EE) foi afetado pela salinidade da água de irrigação, porém não diferiu significativamente em relação às doses de ácido húmico e a sua interação com a água salina (Tabela 7). O Extravasamento de eletrólitos apresentou comportamento linear em função da salinidade, aumentando à medida que a salinidade da água de irrigação aumentou (Figura 13).

Em um estudo conduzido por Souza et al. (2023), com plantas da variedade de pimentão cv. *All Big*, submetidas a condições de estresse salino, os maiores valores de EE foram observados em plantas irrigadas com água que possuía condutividade elétrica 3,2 dS m<sup>-1</sup>. Resultado similar foi encontrado por Gisbert-Mullor et al. (2021), em que plantas de pimentão sob estresse térmico apresentaram valor de EE 18,4%, superior ao tratamento testemunha.

O excesso de salinidade pode resultar em danos à integridade das membranas, permitindo a liberação de íons e eletrólitos para o meio extracelular. O extravasamento de eletrólitos é comumente utilizado como um indicador de estresse celular, representando uma resposta fisiológica que indica prejuízos às membranas celulares (Demidchik et al., 2014). Os resultados obtidos neste estudo indicam que a salinidade causou danos às membranas das células das plantas.



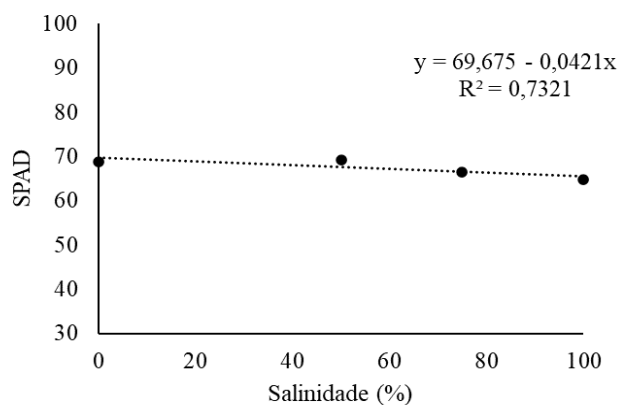
**Figura 13.** Extravasamento de eletrólitos (EE) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B) aos 67 DAIT.

O extravasamento de eletrólitos causado por estresse é sempre acompanhado pela geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) e, muitas vezes, leva à morte celular (Demidchik et al., 2014).

A salinidade da água de irrigação promoveu diferença significativa para o índice SPAD, avaliado ao 67 DAIT, entretanto, para as avaliações realizadas aos 10 e 30 DAIT, a salinidade não influenciou no índice SPAD, bem como as doses de ácido húmico e sua interação com os níveis de salinidade não afetaram o índice SPAD em nenhum dos três períodos em que foram realizadas as avaliações (Tabela 7).

A irrigação com água salina resultou em uma significativa redução do índice SPAD (Figura 14) na última avaliação realizada (67 DAIT), alinhando-se com os resultados obtidos para as características morfológicas analisadas. Este padrão indica que a utilização contínua de água, com elevadas concentrações de sais, impacta adversamente o desenvolvimento das plantas, mesmo que não tenham sido observados efeitos durante as fases iniciais do ciclo.

Comportamento semelhante aos resultados obtidos neste estudo para o índice SPAD foi relatado por Sobczak et al. (2023), os quais observaram que a alta condutividade elétrica da solução nutritiva utilizada no cultivo de pimentão resultou em um valor menor de índice SPAD nas folhas de pimentão, em comparação com a testemunha.



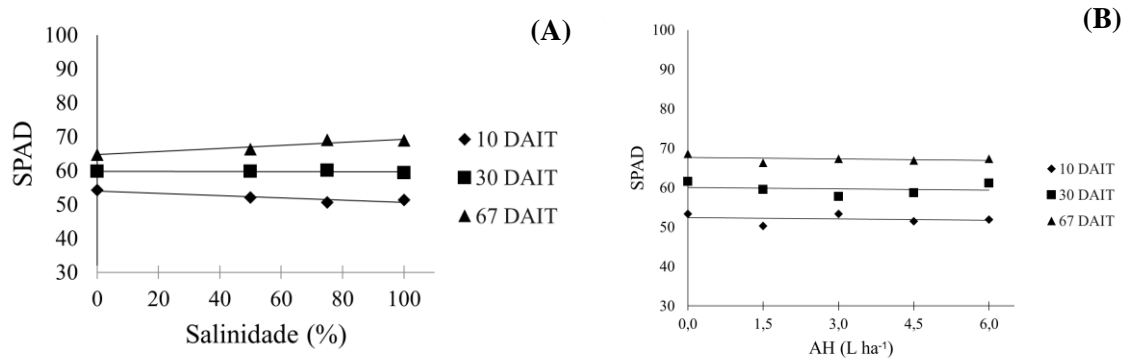
**Figura 14.** Índice spad (SPAD) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação aos 67 DAIT.

O medidor SPAD fornece uma estimativa do conteúdo de clorofila. Dessa forma, o índice SPAD é empregado para avaliar o conteúdo de clorofila e fornecer uma estimativa dos danos foliares de plantas sob estresse, em que o índice tende a diminuir em condições de salinidade em comparação com as condições de controle (Negrão et al., 2016). A redução no conteúdo de clorofila, sob estresse salino, é um fenômeno comumente relatado em vários estudos (Parihar et al., 2015).

Esses resultados estão correlacionados com o EE, como discutido anteriormente. O EE reflete danos nas membranas celulares, incluindo os cloroplastos. Portanto, impacta o acúmulo de biomassa e a produtividade, devido à redução na conversão da luz solar em energia e, conseqüentemente, à diminuição na assimilação de CO<sub>2</sub> e na produção de fotoassimilados.

Entretanto, em concordância com os resultados obtidos para a maioria das características avaliadas, não se verificou nenhum efeito significativo da salinidade, durante o estágio inicial, tampouco das doses de ácido húmico ou de sua interação com a salinidade nos valores médios do índice SPAD, ao longo dos três períodos avaliados (Figura 15). Isso reforça a hipótese de uma resistência inicial das plantas de pimentão aos efeitos salinos.

Os teores de açúcares redutores (AR), amido (AM), aminoácidos (AA) e prolina (PRO) foram afetados pelos diferentes níveis de salinidade, pelas doses de ácido húmico e pela interação (Tabela 8). Dessa forma, a resposta destes fatores foi avaliada por meio de ajuste de regressão para uma função de produção.



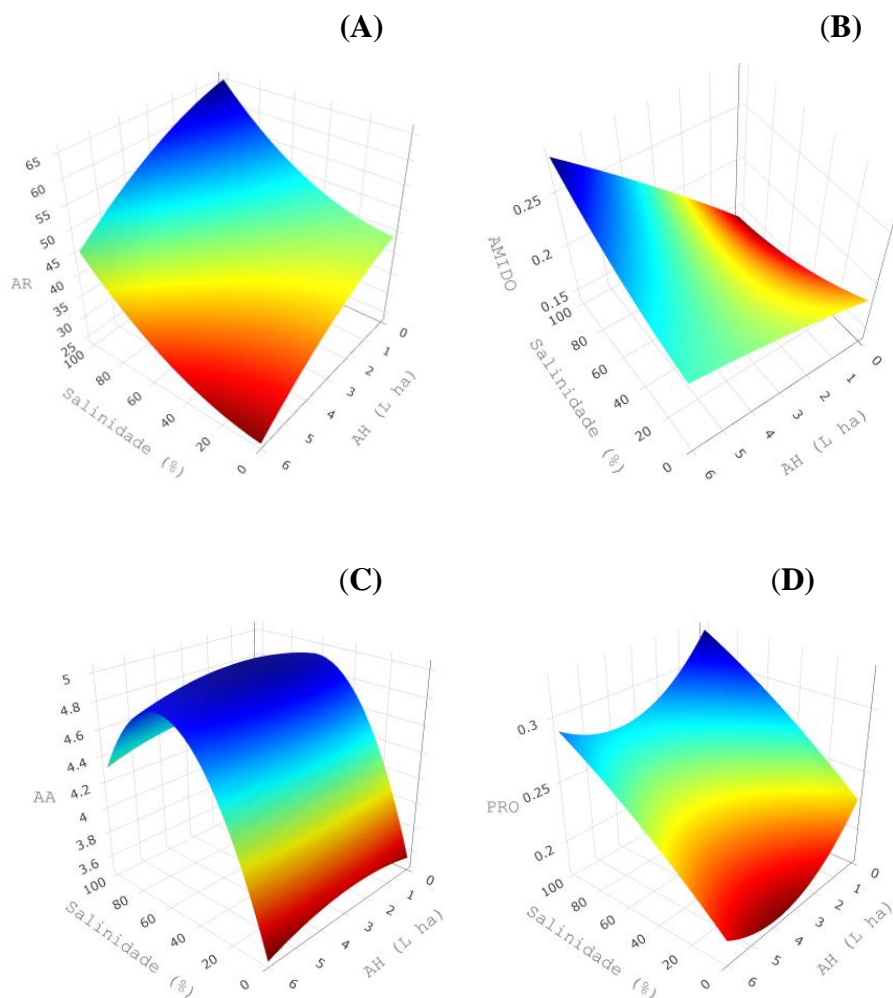
**Figura 15.** Índice spad (SPAD) em plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

**Tabela 8.** Análise de variância para os parâmetros açúcares redutores (AR), amido (AM), aminoácidos (AA) e prolina (PRO) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

FV	GL	Fc			
		AR	AM	AA	PRO
Salinidade (S)	3	28,52**	14,62**	45,84**	30,28**
Ácido húmico (AH)	4	20,53**	74,87**	31,70**	6,34**
S x AH	12	9,80**	11,83**	28,82**	9,47**
CV (%)		14,38	9,55	8,30	12,27

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

Apesar da interação ser significativa, nenhuma equação apresentou coeficiente de determinação alto o suficiente para fornecer com confiança uma equação adequada para explicar os valores obtidos. Dessa forma, a fim de observar visualmente a interação entre a salinidade e o ácido húmico, foram gerados gráficos de superfície de resposta (Figura 16). Houve aumento nos valores de AR, AM, AA e PRO (eixo y) com o aumento da salinidade (eixo x), percebendo-se também uma leve concavidade em relação ao eixo z, que representa as doses de ácido húmico, mas a maior influência está relacionada à salinidade. Resultados mais definidos foram encontrados para AA, constatando-se valores máximos para 60 % de água salina.



**Figura 16.** Teores de açúcares redutores (A), amido (B), aminoácidos (C) e prolina (D) em folhas de plantas de pimentão em função de níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico.

O impacto da salinidade nas plantas apresenta interações complexas entre processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (Hailu e Mahari, 2021). É amplamente conhecido que há um aumento dos solutos orgânicos com o estresse salino. O acúmulo de açúcares, aminoácidos, solutos orgânicos e prolina no citoplasma da planta constitui uma estratégia fundamental de osmorregulação para lidar com o estresse de salino (Ma et al., 2020; Negrão et al. 2016).

A manutenção do equilíbrio osmótico revela-se crucial para as plantas que crescem em meios salinos e a ausência desse equilíbrio acarreta a perda de turgor, desidratação celular e, em último caso, na morte das células (Hailu e Mehari, 2021).

Pesquisas identificaram que o acúmulo de osmólitos desempenham uma função importante na manutenção do potencial osmótico e na preservação da pressão de turgor celular,

contribuindo para a prevenir a degradação das membranas celulares, das enzimas e das proteínas (Parihar et al., 2015).

#### 4.3. Variáveis de produção

Os níveis de salinidade na água de irrigação afetaram a produção de frutos das plantas de pimentão, havendo diferença significativa nas variáveis massa fresca de frutos (MFF) e massa seca de frutos (MSF), contudo não foi observado efeito significativo das doses de ácido húmico ou da sua interação com os níveis de salinidade (Tabela 9).

**Tabela 9.** Análise de variância para massa fresca (MFF) e massa seca de frutos (MSF) sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

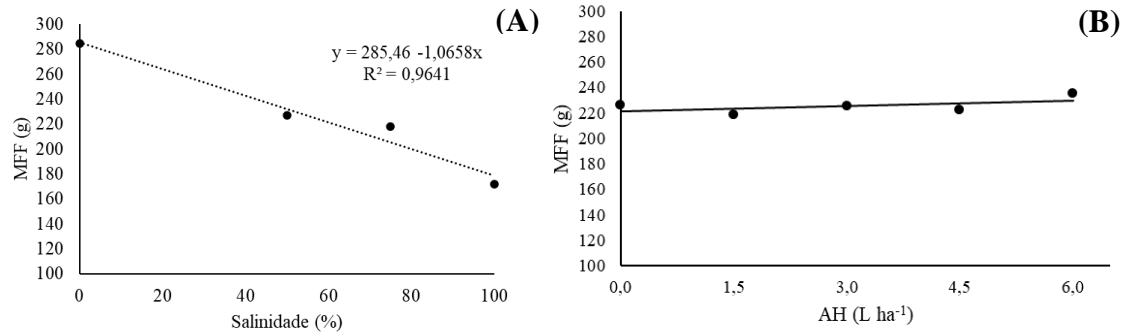
FV	GL	Fc	
		MFF	MSF
Salinidade (S)	3	13,82**	4,85**
Ácido húmico (AH)	4	0,20 ns	0,49 ns
S x AH	12	1,15 ns	1,31 ns
CV (%)		24,72	17,98

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

A produção de frutos apresentou redução à medida que os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram, conforme ilustrado pelo modelo de regressão linear, entretanto, não foram observadas diferenças significativas no tratamento com ácido húmico (Figura 17). As médias de produção de massa fresca de frutos foram de 284,8 g planta<sup>-1</sup> e 172,0 g planta<sup>-1</sup> para os tratamentos com água não-salina e água 100% salina, respectivamente, o que representou uma redução de 39,6% na produção total da planta. O acúmulo de sais no solo é uma das principais razões que causam baixa produtividade das culturas agrícolas (Hussain et al., 2019).

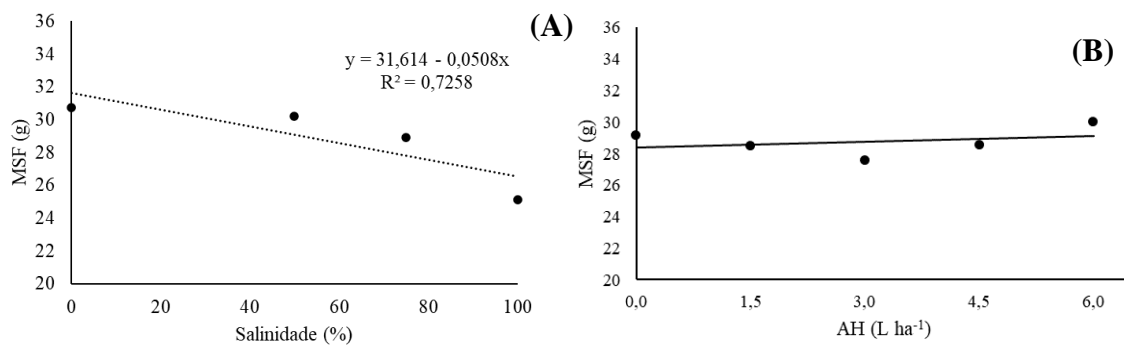
As plantas sujeitas à salinidade são menores, com área foliar e crescimento radicular reduzidos, por sua vez, transpiram menos água e, portanto, produzem menos assimilados para o desenvolvimento produtivo, em que a menor síntese deles pode contribuir para uma redução no rendimento da cultura, afetando negativamente os atributos que contribuem para a produtividade (Minhas et al., 2020).





**Figura 17.** Massa fresca de frutos (MFF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

De modo similar, a massa seca de frutos demonstrou o mesmo comportamento da MFF, exibindo redução da massa com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, sendo que não houve diferenças significativas para o tratamento com ácido húmico (Figura 18). O tratamento não-salino apresentou média de produção de 30,75 g planta<sup>-1</sup>, enquanto o tratamento 100% de água salina obteve média de produção de 25,12 g planta<sup>-1</sup>, o que representa uma redução de 18,3% na produção de massa seca dos frutos.



**Figura 18.** Massa seca de frutos (MSF) de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

O estresse salino limita o crescimento e a produtividade das plantas ao impactar severamente os processos fisiológicos fundamentais (Dhiman et al., 2021). Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com Freire et al. (2021), que relatam que plantas sob estresse salino apresentam redução do crescimento e da produtividade em consequência da redução da atividade fotossintética.

#### 4.4. Teor nutricional foliar

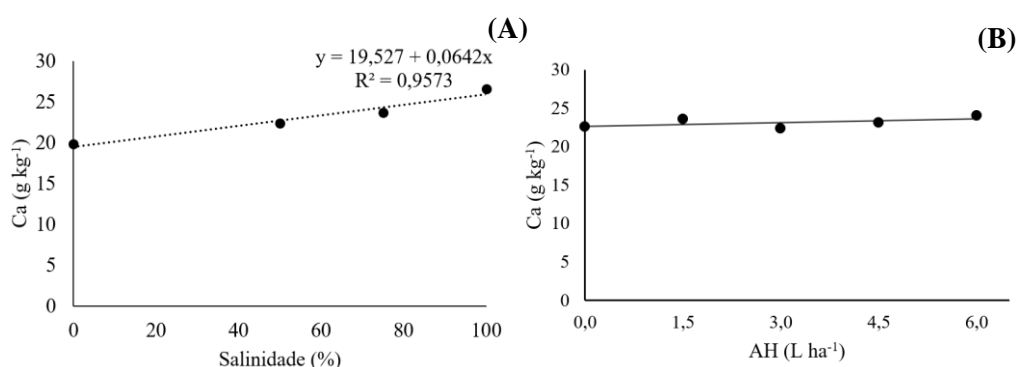
Ao avaliar os valores obtidos para a composição nutricional das folhas, pode-se observar que os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) foram afetados significativamente pelos níveis de salinidade da água de irrigação, todavia, não foi verificado efeito significativo para o tratamento com ácido húmico e sua interação com os níveis de salinidade (Tabela 10).

**Tabela 10.** Análise de variância para Ca, Mg, K e Na em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

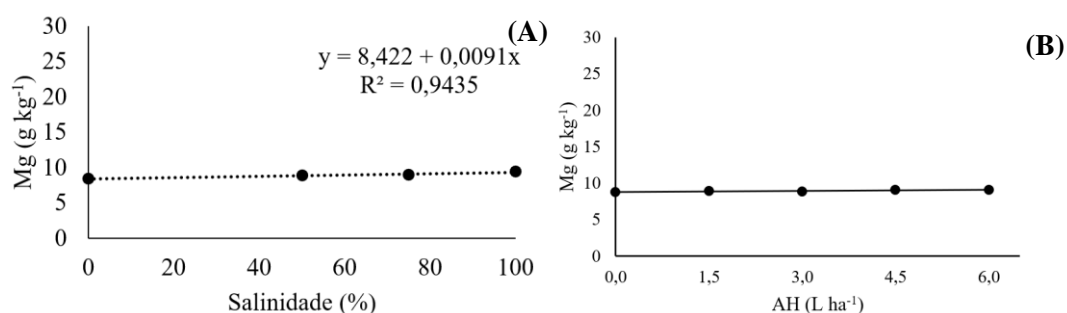
FV	GL	Fc			
		Ca	Mg	K	Na
Salinidade (S)	3	11,86**	4,23**	4,21**	5,71**
Ácido Húmico (AH)	4	0,54 ns	0,44 ns	0,69 ns	1,16 ns
S x AH	12	1,13 ns	0,83 ns	0,88 ns	0,93 ns
CV (%)		13,62	8,45	16,16	30,73

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

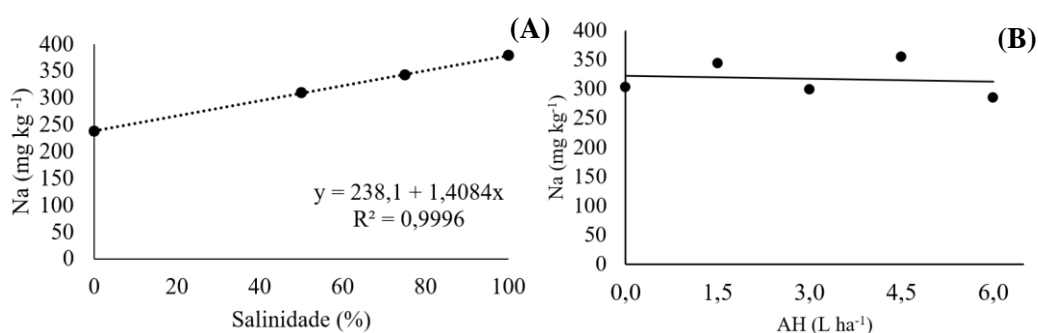
Os nutrientes foliares avaliados, como Ca, Mg e Na, foram influenciados positivamente com uso da água salina, independentemente das doses de ácido húmico (Figuras 19, 20 e 21), exceto para o teor de K, que se observou um decréscimo (Figura 22).



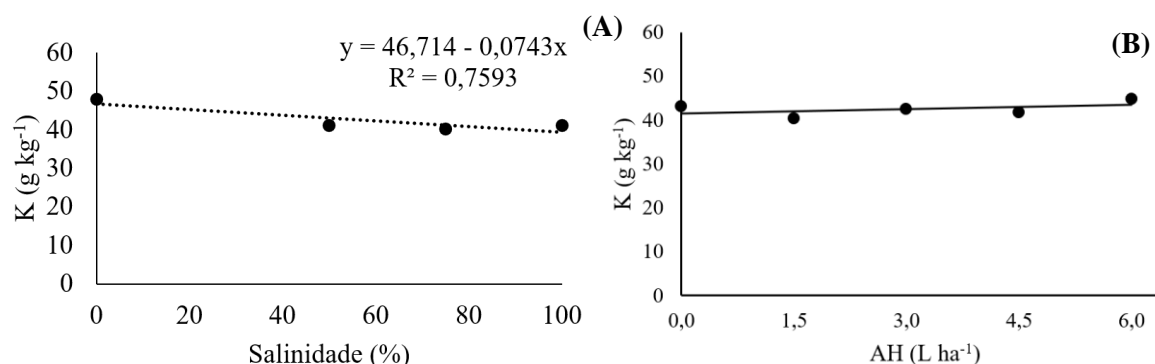
**Figura 19.** Teor de cálcio (Ca) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



**Figura 20.** Teor de magnésio (Mg) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



**Figura 21.** Teor de sódio (Na) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



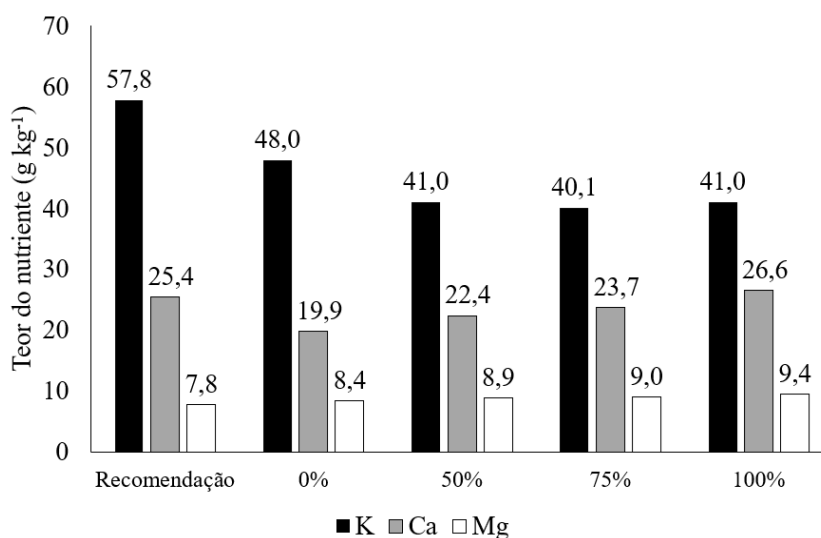
**Figura 22.** Teor de potássio (K) em tecido vegetal foliar de plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

Comportamento semelhante aos resultados deste estudo foi relatado por Hniličková et al. (2019) que, ao estudarem o efeito da salinidade em diferentes espécies de plantas, relataram redução do teor de K<sup>+</sup> em *Lactuca sativa*, *Tetragonia tetragonoides* e *Portulaca oleracea*, enquanto houve aumento nos teores de Na<sup>+</sup>. A salinidade pode apresentar efeito antagonista sobre os nutrientes P, K<sup>+</sup>, Zn, Fe, Ca<sup>2+</sup> e Mn, enquanto tem um efeito sinérgico sobre N e Mg (Hussain et al., 2019).

Os teores de Ca, Mg, K e Na, encontrados nas folhas de pimentão no presente estudo, foram inferiores aos encontrados por Santos et al. (2020) em estudo realizado com plantas de

pimentão, contudo, um fator que pode ter causado essa diferença foi o fato do presente estudo ter sido realizado em vasos, e não em solo.

Apesar de apresentar correlação negativa com os níveis de salinidade, o  $K^+$  foi o nutriente que apresentou os maiores teores nas folhas de pimentão, independentemente do nível de salinidade utilizado. Resultado similar foi encontrado por Albuquerque et al. (2012), em estudo realizado com pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. Os valores de Ca, Mg e K apresentaram ordem de concentração de nutrientes, conforme recomendado por Martinez et al. (1999), sendo ela  $K > Ca > Mg$ , apresentando valores próximos ao recomendado para a cultura e indicando que a fertilização do solo foi adequada (Figura 23).



**Figura 23.** Médias dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) obtidos neste estudo e dos valores recomendados para a cultura do pimentão, conforme Martinez et al. (1999).

#### 4.5. Avaliações de solo

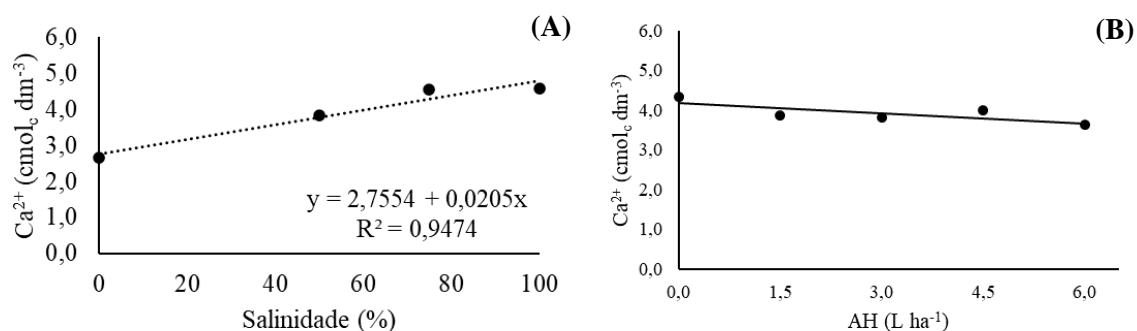
Semelhantemente aos resultados encontrados na análise de nutrientes foliar, os parâmetros químicos do solo apresentaram diferença significativa nos teores de cálcio, magnésio e potássio sob os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, no entanto, não foi observado efeito significativo das doses de ácido húmico ou da sua interação com os níveis de salinidade (Tabela 11).

**Tabela 11.** Análise de variância para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e aplicações de ácido húmico

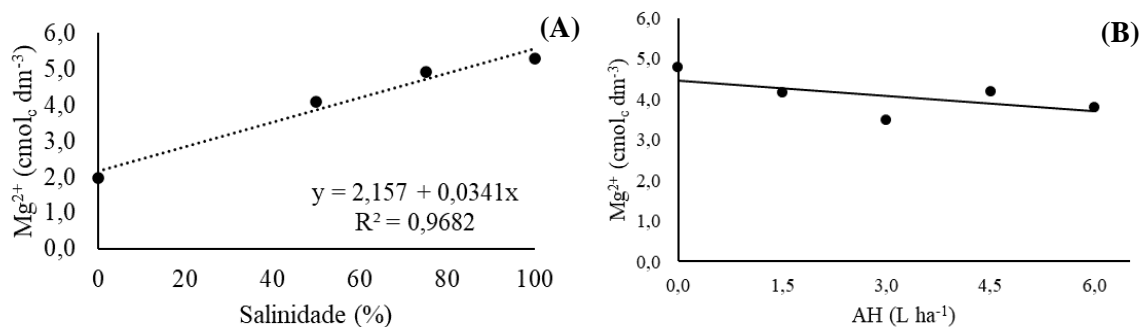
FV	GL	Fc				
		Ca	Mg	K	Na	CEes
Salinidade (S)	3	18,99**	15,28**	5,27**	1,81 ns	5,66**
Ácido Húmico (AH)	4	1,31 ns	1,29 ns	1,09 ns	0,37 ns	1,48 ns
S x AH	12	1,38 ns	1,00 ns	1,55 ns	0,61 ns	8,85**
CV (%)		23,63	41,56	48,93	111,23	41,47

\*p<0,05; \*\*p<0,01; ns: não significativo.

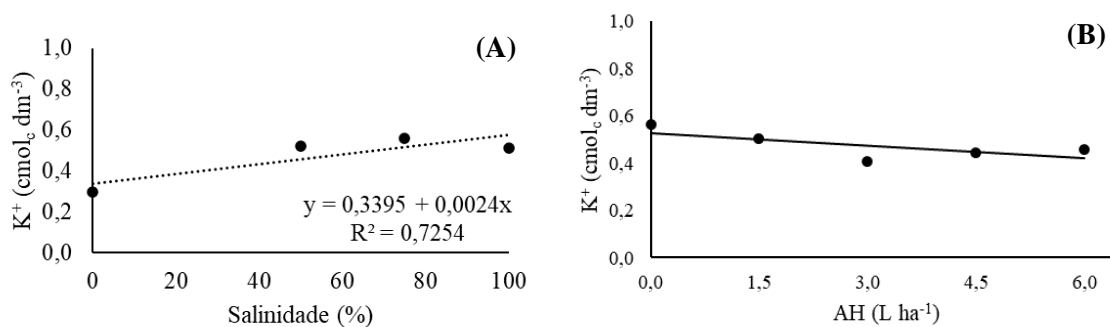
Houve um aumento significativo nos teores de Ca, Mg e K do solo à medida que a salinidade da água de irrigação aumentou (Figuras 24, 25 e 26). Porém, apesar de haver uma leve tendência de aumento, não houve alterações significativas nos teores de sódio para nenhum dos fatores avaliados (Figura 27). Esse resultado, possivelmente, se justifica porque esse elemento se apresenta em menor concentração na água, originalmente salina, utilizada para a preparação dos tratamentos, que é uma água C<sub>4</sub>S<sub>1</sub>, ou seja, muito rica em Ca e Mg em relação aos demais elementos (Tabela 3).



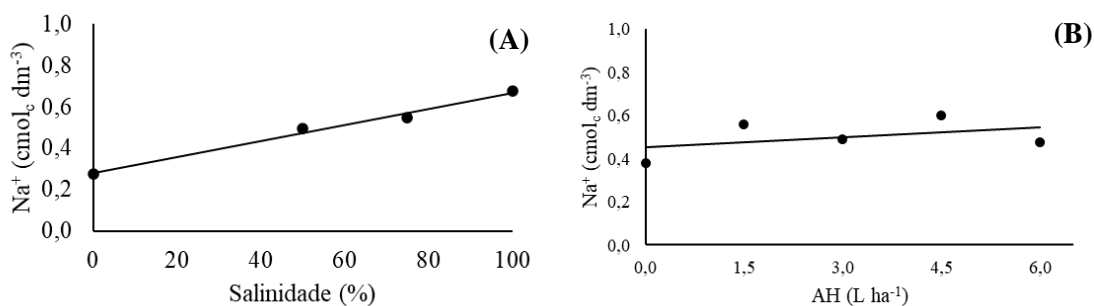
**Figura 24.** Teor de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



**Figura 25.** Teor de magnésio ( $Mg^{2+}$ ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



**Figura 26.** Teor de potássio ( $K^+$ ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).



**Figura 27.** Teor de potássio ( $Na^+$ ) em solo cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (A) e doses de ácido húmico (B).

Os teores de sais Ca, Mg e K apresentaram aumento de 72,37; 166,50 e 72,27%, quando comparados aos tratamentos não-salino com o que recebeu apenas água salina. Além disso, ao comparar os teores dos nutrientes do solo ao final do experimento com o do solo não cultivado (Tabela 1), os teores de cálcio foram 5,1 vezes maiores (4,49 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), o magnésio aumentou 8,8 vezes (5,29 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e o de potássio apresentou seu valor dobrado (0,51 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), quando irrigados apenas com água salina. Esses resultados corroboram os de outros autores que

relatam que a salinização do solo pode ser agravada pela utilização de água rica em sais (Freire et al., 2021).

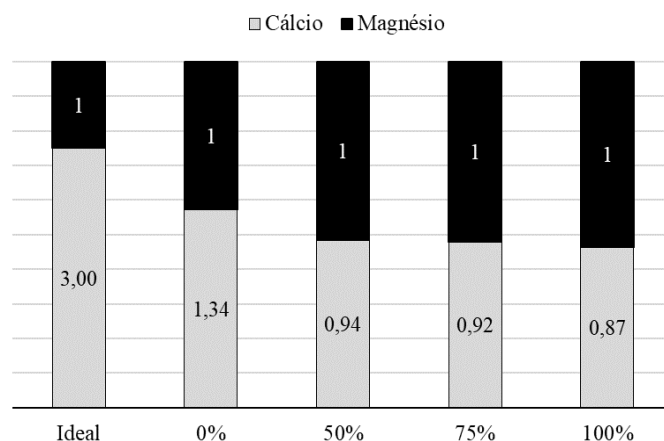
Entre os fatores principais que contribuem para o acúmulo de sais no solo, destaca-se a evapotranspiração como um fator crucial. Esse processo, ao reduzir progressivamente o teor de água no solo, propicia a concentração gradual dos solutos na superfície do solo, principalmente quando esses sais não podem ser drenados da superfície do solo (Freire et al., 2021; Hailu e Mehari, 2021). Essa situação pode ser agravada em zonas áridas e semiáridas, onde a precipitação não lixivia adequadamente os sais do solo, ocasionando acumulação de sais na zona radicular da cultura (Zaman et al., 2018).

Entretanto, a taxa de salinização e o acúmulo final de sais no solo, devido à irrigação, variam, dependendo do teor de sais nas águas de irrigação, da adoção do uso conjunto de águas de boa qualidade e salinas, da precipitação, dos métodos de irrigação e do uso de frações de lixiviação (Minhas et al., 2020).

Além disso, o emprego da água contendo elevadas concentrações de sais resultou em alterações no balanço nutricional do solo. A proporção de Ca:Mg diminuiu à medida que a salinidade aumentou, atingindo 0,87:1 com a utilização da água salina (Figura 28). Essa variação representa um desvio em relação à proporção recomendada de Ca:Mg, que geralmente é de no mínimo 3:1 para a maioria das culturas (Prezotti e Guarçoni, 2013), indicando que o uso frequente da água salina pode causar desequilíbrio nutricional e prejudicar o desenvolvimento ideal das plantas.

Ressalta-se que o emprego da água salina correspondeu a um curto período de tempo, que se estendeu de acordo com o ciclo da cultura. O cultivo do pimentão permaneceu no campo durante 83 dias e foi irrigada diariamente. A demanda hídrica, obtida de acordo com a estação meteorológica utilizada durante o período, foi de 260 milímetros, o que corresponde a 260 L m<sup>-2</sup>. Apesar do curto período de tempo e baixo volume de água aplicado, já foi possível notar efeito negativo dos sais na cultura e no solo.

Diante dos resultados, é notório que o emprego de água com essas características adiciona nutrientes via água de irrigação e provoca desbalanço nutricional do solo, podendo inviabilizar o seu uso para fins agrícolas. Nesse sentido, pesquisas com essa intenção devem ser realizadas para gerar alternativa de uso e convívio com a realidade do produtor que só dispõe de água com altos teores de sais.

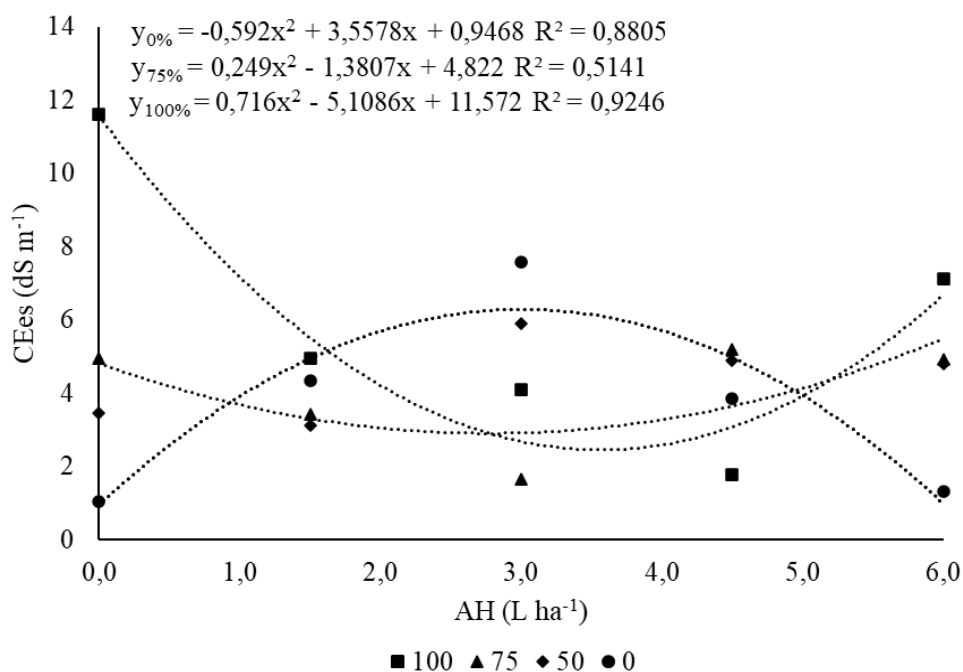


**Figura 28.** Relação Ca:Mg calculada com os valores médios de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em comparação com a ideal.

Com relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, constata-se que houve efeito significativo para os níveis de salinidade da água de irrigação aplicados e para a interação dos fatores, porém a aplicação de doses de ácido húmico não apresentou alteração significativa (Tabela 11).

Foram estudados os níveis de salinidade dentro das dosagens de ácido húmico, no desdobramento da interação, obtendo resultado no qual apenas o nível de salinidade no nível de 50% não apresentou diferença significativa entre as médias, não podendo ser ajustado um modelo de equação para este tratamento, entretanto, para os níveis de 0; 75 e 100%, foram determinadas modelos de equação quadráticas (Figura 29).





**Figura 29.** Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) cultivado com plantas de pimentão sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de ácido húmico.

Os níveis de salinidade de 100 e 75% apresentaram respostas semelhantes, com a concavidade das parábolas voltadas para cima, indicando que as equações possuem ponto de mínimo, que foram iguais a 3,5 e 2,78 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores correspondem às dosagens de ácido húmico que propiciaram os menores valores de CEes, indicando uma efetividade do ácido húmico para atenuar a salinidade do solo.

Em contrapartida, o nível de salinidade para o tratamento não-salino apresentou comportamento oposto, com concavidade voltada para cima, indicando possuir um ponto de máxima dosagem de ácido húmico, que correspondeu a 3,0 L ha<sup>-1</sup>, proporcionando o maior valor de CEes nos solos irrigados com água não salina.

De acordo com USSL Staff (1954), são considerados solos salinos quando a condutividade elétrica do extrato de saturação é igual ou maior que 4 dS m<sup>-1</sup> a 25 °C (Zaman et al., 2018). Para o presente estudo, ao observar os valores médios para o tratamento 100% de salinidade, houve uma redução nos valores da CEes de 11,57 para 2,46 dS m<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 e 3,56 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico, respectivamente. Para o nível de 75%, os valores de CEes reduziram de 4,82 para 2,92 dS m<sup>-1</sup>, para as doses de 0,0 e 2,78 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico, respectivamente.

De acordo com os resultados mencionados anteriormente, torna-se evidente que as plantas de pimentão demonstram sensibilidade ao estresse salino. Essa conclusão baseia-se na

diminuição observada nos parâmetros morfofisiológicos, incluindo altura das plantas, diâmetro do caule e área foliar, resultando em um menor acúmulo de biomassa.

Essa redução sugere uma provável diminuição nas trocas gasosas, uma vez que essas características estão intrinsecamente correlacionadas, levando a uma conseqüente diminuição na produção de fotoassimilados. Além disso, observa-se uma redução nos parâmetros de produção, destacando o impacto negativo do estresse salino no desempenho global das plantas de pimentão à medida que essa exposição é aumentada.

Ainda, com base nos resultados, o ácido húmico reduziu o risco de salinização do solo como também os efeitos do estresse salino em parâmetros morfológicos de raízes, sob irrigação com água salina. Contudo, não foi efetivo para atenuar os efeitos do estresse salino nas características morfológicas de parte aérea, uma vez que não reduziu os efeitos observados em plantas estressadas.

As substâncias húmicas ainda não apresentam composição molecular definida, pois apresentam arranjos moleculares complexos e são altamente diversificadas (Moreira e Siqueira, 2006; Johnson et al., 2023). Além disso, as propriedades estruturais e químicas das substâncias húmicas relacionadas à sua bioatividade parecem depender de muitas variáveis, como da origem e dos procedimentos de extração e purificação das substâncias húmicas (Nardi et al., 2021). Desse modo, a efetividade do ácido húmico pode variar de acordo com sua origem, com as dosagens ou até mesmo com o meio de cultivo utilizado (Arancon et al., 2006). Portanto, para estudos futuros, recomenda-se a avaliação de diferentes dosagens e diferentes fontes de ácido húmico.

## 5. CONCLUSÕES

O estresse salino reduziu os parâmetros de crescimento e morfologia das plantas de pimentão. O uso de água com altos níveis de salinidade diminuiu significativamente os indicadores de produção.

O aumento da salinidade da água de irrigação resultou em um aumento nos teores de cálcio, magnésio, sódio e na condutividade elétrica do solo, potencialmente prejudicando o crescimento da planta.

Pode-se constatar que a adoção do manejo de diluição da água salina com água não salina é uma prática viável para reduzir os efeitos do estresse salino em plantas e frutos do pimentão.

As dosagens utilizadas não foram efetivas para reduzir o estresse salino observado no crescimento, na morfologia da parte aérea, na fisiologia e na produção das plantas de pimentão.

O ácido húmico reduziu o risco de salinização do solo e melhorou o desenvolvimento radicular das plantas de pimentão, porém não apresentou ação mitigadora sobre os efeitos do estresse salino, na parte aérea das plantas de pimentão, em nenhum dos níveis de salinidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaal, K. A.; El-Maghraby, L. M.; Elansary, H.; Hafez, Y. M.; Ibrahim, E. I.; El-Banna, M.; El-Esawi, M.; Elkelish, A. Treatment of Sweet Pepper with Stress Tolerance-Inducing Compounds Alleviates Salinity Stress Oxidative Damage by Mediating the Physio-Biochemical Activities and Antioxidant Systems. **Agronomy**. n. 10, v. 1, p. 26, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10010026>.
- Albuquerque F.S.; Silva E. F. F.; Bezerra Neto E.; Souza A. E. R.; Santos A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. 2012. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p.681-687. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400019>
- Ali, A. Y. A.; Ibrahim, M. E. H.; Zhou, G.; Nimir, N. E. A.; Jiao, X.; Zhu, G.; Elsiddig, A. M. I.; Suliman, M. S. E.; Elradi, S. B. M.; Yue, W. Exogenous jasmonic acid and humic acid increased salinity tolerance of sorghum. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p 871-884, 2020. <https://doi.org/10.1002/agj2.20072>
- Arancon, N. Q.; Edwards, Clive. A.; Lee, S.; Byrne, R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, s. 1, p. s65-s69, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.06.004>
- Araujo, S. M. B.; Cheng, S. S.; Viégas, I. De J. M.; Gusmão, S. A. L. Pimentão. In: Brasil, E. C.; Cravo, M. Da S.; Viegas, I. De J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 5, p. 311-312. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127302>.
- Arruda, C. E. de M.; Dias, N. da S.; Blanco, F. F.; Sousa Neto, O. N. de; Ferreira Neto, M. Bell pepper cultivation with brine from brackish water desalination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 197-201, 2011. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1816/4732>
- Azevedo A (2023). **\_ExpAnalysis3d: Pacote Para Analise De Experimentos Com Graficos De Superficie Resposta\_**. R package version 0.1.2. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpAnalysis3d>.
- Barbosa, J. C.; Maldonado, J. W. 2015. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p.
- Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Teare, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.1, 3p. [S. 1.]: , 1973. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018060>.
- Bauder, T.A.; Waskom, R.M.; Sutherland, P.L.; Davis, J. G. Irrigation Water Quality Criteria. Fact Sheet No. 0.506. Crop Series|Irrigation. Colorado State University. 2014.

Beisel, N. S.; Callaham, J. B.; Sng, N. J.; Taylor, D. J.; Paul, A.; Ferl, R. J. Utilization of single-image normalized difference vegetation index (SI-NDVI) for early plant stress detection. **Applications in Plant Sciences**, v.6, 10p. [S. l.]: , 2018. <http://dx.doi.org/10.1002/aps3.1186>.

Beltrán, J. M. Integrated approach to address salinity problems in irrigated agriculture. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Filho, E. G. (Eds.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016, p. 3-7.

Blat, S. F.; Costa, C. P. **A cultura do pimentão**. Série produtor rural, n 34. Piracicaba, Esalq - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2007. 29 p.

Boyer JS, James RA, Munns R, Condon TAG, Passioura JB. Osmotic adjustment leads to anomalously low estimates of relative water content in wheat and barley. **Functional Plant Biology**, v. 35, p.1172–1182, 2008. <https://doi.org/10.1071/FP08157>

Braga, M. B.; Marouelli, W. A. **Produção integrada de pimentão – PIP: irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão** / - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.

Caron, V. C., Graças, J. P., & Castro, P. R. de C. e. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p.

Clegg, KM. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 3, p. 40-44, 1956. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740070108>

Çöl Keskin, N.; Akinerdem, F. The Effect of Humic Acid Applications on Growth and Quality Properties of Potato (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of the Institute of Science and Technology**, v. 11, n. 2, p 1559-1567, 2021. <http://doi.org/10.21597/jist.840082>

Da Veiga, E. R.; De Santana, H.; Da Silva, G. M.; Agostinho, L. F. Estudo da viabilidade do Tingimento de fios de Seda com corante natural Páprica / Study of the feasibility of dyeing silk yarns with natural Paprika dye. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p 96894–96901, 2021. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n10-141>.

Demidchik, V.; Straltsova, D.; Medvedev, S. S.; Pozhvanov, G. A.; Sokolik, A.; Yurin, V. Stress-induced electrolyte leakage: the role of K<sup>+</sup>-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 5, p 1259–1270, 2014. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/eru004>.

Dhiman, P.; Rajora, N.; Bhardwaj, S.; Sudhakaran, S. S.; Kumar, A.; Raturi, G.; Chakraborty, K.; Gupta, O. P.; Devanna, B. N.; Tripathi, D. K.; Deshmukh, R. Fascinating role of silicon to combat salinity stress in plants: An updated overview. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 162, p 110-123. [S. l.]: , 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.023>.

El-Kady, A. F.Y.; Borham, T. I. Sustainable cultivation under saline irrigation water: Alleviating salinity stress using different management treatments on *Terminalia arjuna* (Roxb.) Wight & Arn. **Agricultural Water Management**, v. 229, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105902>

Elkhatib, H.; Gabr, S. M.; Elazomy, A. A. Salt Stress Relief and Growth-Promoting Effect of Sweet Pepper Plants (*Capsicum annuum* L.) by Glutathione, Selenium, and Humic Acid Application. **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 42, n. 3, p. 583-608, 2021. <http://dx.doi.org/10.21608/asejaiqsae.2021.183461>

FAOSTAT - **Food and Agriculture Organization of de United Nations** (2019). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/PP>.

Filho, J. U. T. B.; Goto, R.; Braga, R. S.; Hachmann, T. L. Solanáceas. In: Filho, J. U. T. B.; Freitas, P. S. L.; Berian, L. O. S.; Goto, R.(Eds). **Hortalças-fruto**. Maringá, Eduem, 2018. p. 37-70.

Fontes, P. C. R.; Nick, C. **Olericultura: teoria e prática**. 2. Ed. Viçosa, MG: UFV, DAA, 2021. 614 p

Freire, M. B. G. S.; Coelho, D. S.; Cunha, J. C.; Pessoa, L. G. M.; Freire, F. J. Salinidade dos Solos: Problemas e Soluções. In: Fernandes, J. G.; Carvalho, E. X. (editores). **Solos: estudos, potencialidades e uso**. Recife, PE: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, 2021. 62-91p.

Gaffney J. S., Nancy A. M.; Sue B. C. Humic and Fulvic Acids and Organic Colloidal Materials in the Environment. In: Gaffney, J. S.; Marley, N. A.; Clark, S. B. **Humic and Fulvic Acids Isolation, Structure, and Environmental Role**. Chicago, American Chemical Society, 1996, p. 2-16.

Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Filho, E. G. (Eds.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**, 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016, 504p.

Gisbert-Mullor, R.; Padilla, Y. G.; Martínez-Cuenca, M.-R.; López-Galarza, S.; Calatayud, Á. Suitable rootstocks can alleviate the effects of heat stress on pepper plants. **Scientia Horticulturae**. [S. l.]: , 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110529>.

González-García, Y., Cárdenas-Álvarez, C., Cadenas-Pliego, G., Benavides-Mendoza, A., Cabrera-de-la-Fuente, M., Sandoval-Rangel, A., ... Juárez-Maldonado, A. (2021). Effect of Three Nanoparticles (Se, Si and Cu) on the Bioactive Compounds of Bell Pepper Fruits under Saline Stress. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 217. <https://doi.org/10.3390/plants10020217>

Giuffrida, F.; Scuderi, D.; Giurato, R.; Leonardi, C. Physiological response of broccoli and cauliflower as affected by NaCl salinity. **Acta Horticulturae**. 1005, 435–441, 2013. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1005.52>

Hailu, B.; Mehari, H. Impacts of soil salinity/sodicity on soil-water relations and plant growth in dry land areas: A Review. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 12, n. 3, p. 1-10. [S. l.]: , 2021. <http://dx.doi.org/10.7176/JNSR/12-3-01>

Hayes, M. H. B. Humic Substances: Structures, Properties and Uses. In: **Humic substances: progress towards more realistic concepts of structures**. 1998. p.

Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Neto, M. F.; Holanda, A. C.; Sá, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Filho, E. G. (Eds.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**, 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016, p. 35-50.

Hniličková, H.; Hnilička, F.; Orsák, M.; Hejnák, V. Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> content in selected plant species. **Plant, Soil and Environment**, v. 65, n. 2, p. 90–96 [S. l.]: , 2019. <http://dx.doi.org/10.17221/620/2018-PSE>

Hussain, S., Shaukat, M., Ashraf, M., Zhu, C., Jin, Q., & Zhang, J. Salinity Stress in Arid and Semi-Arid Climates: Effects and Management in Field Crops. **Climate Change and Agriculture**, v.1, p 1-248, 2019, <http://dx.doi:10.5772/intechopen.87982>

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: **censo agropecuário 2017. Resultados definitivos**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.

Ihuoma, S. O.; Madramootoo, C. A. Crop reflectance indices for mapping water stress in greenhouse grown bell pepper. **Agricultural Water Management**, v. 219, p. 49–58, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.001>.

Johnson, R.; Joel, J. M.; Puthur, J. T. Biostimulants: The Futuristic Sustainable Approach for Alleviating Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 43, n. 3, p. 659–674. [S. l.]: , 2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s00344-023-11144-3>.

Karimian, Z.; Samiei, L.; Nabati, J. Alleviating The Salt Stress Effects. In: *Salvia Splendens By Humic Acid Application*. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 18, n. 5, p. 73–82. [S. l.]: , 2019. <http://dx.doi.org/10.24326/asphc.2019.5.7>.

Kasimati, A., Psiroukis, V., Darra, N. Investigation of the similarities between NDVI maps from different proximal and remote sensing platforms in explaining vineyard variability. **Precision Agriculture**, v. 24, n. 4, p. 1220–1240, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11119-022-09984-2>.

Lorenz, O. A.; Maynard, D. N. **Knott's handbook for vegetable growers**. 3. ed. New York: John Willey, 1988. 456 p.

- Lorenzoni, M. Z.; Rezende, R. Álvaro; H. C. de S.; Seron, C. de C. Maller, A. Estimativa da área foliar em função das dimensões lineares da folha de pimentão. **XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, – São Pedro - SP, Brasil, 2015.
- Ma, Y.; Dias, M. C.; Freitas, H. Drought and Salinity Stress Responses and Microbe-Induced Tolerance in Plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p 1-18. [S. 1.]: , 2020.  
<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.591911>.
- Machado, R., & Serralheiro, R.. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, p. 30, 2017.  
<http://dx.doi:10.3390/horticulturae3020030>
- Mangal, M.; Sahana, K. P.; Srivast, A.; Khar, A.; Jain, N.; Jain, P. K.; Bharti, H.; Harun, M. Haploid induction through microspore embryogenesis in Bell pepper genotypes. [S. 1.]: **Research Square Platform LLC**, 2023. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-2571870/v1>.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília, DF. 1ª edição. 2012. 20 p.
- Martinez, H. E. P.; Carvalho, J. G.; Souza, R. B. Diagnose Foliar. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.
- McCready, RM, Guggolz, J, Silveira, V, Owens, HS. Determination of starch and amylose in vegetables. **Application to peas. Analytical Chemistry**, v.22, p.1156-1158, 1950.
- Medeiros, P. R. F.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Filho, E. G. (Eds.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados, 2.ed.** Fortaleza, INCTSal, 2016, p. 113-122.
- Mikkelsen, R. L. Humic Materials for Agriculture. **Better Crops**, v. 89, n. 3, p. 6-10, 2005.
- Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, v.227, p.105832. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 626 p.
- Nardi, S.; Schiavon, M.; Francioso, O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. **Molecules** v.26, p.2256, 2021.  
<https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Negrão, S.; Schmöckel, S. M.; Tester, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p 1-11. [S. 1.]: Oxford University Press (OUP),



5 out. 2016. DOI 10.1093/aob/mcw191. Disponível em:  
<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcw191>.

Nogueira, L. **Composição química e atividade antioxidante de diferentes variedades de pimento (*Capsicum annum* L.)**. 2013. 89f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar). Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, SP.

Ouda, S.; Zohry, A. E.-H.; Noreldin, T. **Deficit Irrigation: a remedy for water scarcity**. 196p. [S. l.]: , 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-35586-9>.

Ouni, Y.; Ghnaya, T.; Montemurro, F.; Abdelly, C.; Lakhadar, A. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. **International Journal of Plant Productivity**, v. 8, n. 3, p. 353-374, 2014. <https://doi.org/10.22069/ijpp.2014.1614>

Parihar, P.; Singh, S.; Singh, R.; Singh, V. P.; Prasad, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056–4075 [S. l.]: , 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>

Pedroso, M. T. M.; Ferreira, Z. R. Caracterização dos polos de produção e de produtores de pimentão no Brasil. Brasília, DF : **Embrapa Hortaliças**, 2023. Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154405/1/DOCUMENTO-196-Characterizacao-dos-polos-de-producao-e-de-produtores-de-pimentao-no-Brasil-ed-01-2023-2-Glauer-Lima-dos-Santos.pdf>

Prezotti, L. C.; Guarçoni A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

Primo, D. C.; R. S. C. Menezes, T. O. da Silva. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 13p. 2011. <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/342>

R Core Team (2023). **\_R: A Language and Environment for Statistical Computing\_**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Richards, L. A. 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. LWW, Washington: US Department of Agriculture: 160. Agriculture Handbook, 60.

Saidimoradi, D.; Ghaderi, N.; Javadi, T. Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 256, 15p, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108594>

Samaddar, S.; Chatterjee, P.; Roy Choudhury, A.; Ahmed, S.; Sa, T. Interactions between *Pseudomonas* spp. and their role in improving the red pepper plant growth under salinity stress. **Microbiological Research**, v. 219, p 66-73. [S. l.]: , 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2018.11.005>.

Santos, H. C. A.; Lima Júnior, J. A. De; Gurgel, F. De L.; Aviz, W. L. C. De; Lima, V. M.; Barral, D. De S.; Silva, D. P. Da; Soares, R. C.; Silva, J. F. Da; Nascimento, J. T. do. Teor nutricional na folha e no fruto de pimentão fertirrigado, em função de tensões de água no solo e doses de nitrogênio. In: Ribeiro, J. C. **Impacto, excelência e produtividade das ciências agrárias no Brasil 3** – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. 51-66p.

SEI - Superintendência De Estudos Econômicos E Sociais Da Bahia. 2013. **Sistema de Informações Municipais: Vitória da Conquista**. Disponível em: [https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia\\_climatica\\_segundo\\_koppen\\_2014.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf).

Shahbandeh, M. **Global production of vegetables in 2020**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264065/global-production-of-vegetables-by-type/>.

Shahid, M. A.; Sarkhosh, A.; Khan, N.; Balal, R. M.; Ali, S.; Rossi, L.; Gómez, C.; Mattson, N.; Nasim, W.; Garcia-Sanchez, F. Insights into the Physiological and Biochemical Impacts of Salt Stress on Plant Growth and Development. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 938 [S. 1.]: , 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10070938>.

Silveira, R. N. C. M.; Cavalcante, I. N.; Peixoto, F. Da S.; Pinheiro, A. F. C. Caracterização Hidroquímica De Aquífero Aluvial Para Uso Agrícola. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 144–154 [S. 1.]: , 2020. <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID19362>.

Sobczak, A.; Kućko, A.; Pióro-Jabrucka, E.; Gajc-Wolska, J.; Kowalczyk, K. Effect of Salicylic Acid on the Growth and Development of Sweet Pepper (*Capsicum annum* L.) under Standard and High EC Nutrient Solution in Aeroponic Cultivation. **Agronomy**. V. 13, n. 3, p. 779. [S. 1.]: , 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13030779>.

Souza, A. R.; Silva, A. A. R.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Soares, L. A. A.; Silva, F. A.; Capitulino, J. D.; Arruda, T. F. L.; Chaves, L. H. G.; Costa, D. S. Morphophysiology and production of bell pepper grown under salt stress and salicylic acid foliar application. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 9p. [S. 1.]: , 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.273017>.

Stepien, P., e Johnson, G. N. Contrasting Responses of Photosynthesis to Salt Stress in the Glycophyte Arabidopsis and the Halophyte Thellungiella: Role of the Plastid Terminal Oxidase as an Alternative Electron Sink. **Plant Physiology**, v. 149, n. 2, p. 1154–1165, 2008. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.108.132407>

Tanentzap, F. M., Stempel, A., & Ryser, P. Reliability of leaf relative water content (RWC) measurements after storage: consequences for in situ measurements. **Botany**, v. 93, n. 9, p. 535–541, 2015. <http://dx.doi.org/10.1139/cjb-2015-0065>

Tiamiyu, Q. O.; Adebayo, S. E.; Ibrahim, N. Recent advances on postharvest technologies of bell pepper: A review. **Heliyon**. v. 9, n. 4, 13p. [S. 1.]: , 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15302>.

USSL Staff (1954) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA Handbook No 60 Washington DC, USA, 160 pp.

Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Silva, A. A. R. da; Souza, L. de P.; Lacerda, C. N. de; Silva, I. J. da; Chaves, L. H. G.; Fernandes, P. D. Attenuation of salt stress on the physiology and production of bell peppers by treatment with salicylic acid. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 2751–2768, 2021. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2751>

Yang, F.; Yuan, Y.; Liu, Q.; Zhang, X.; Gai, S.; Jin, Y.; Cheng, K. Artificial humic acid promotes growth of maize seedling under alkali conditions. **Environmental Pollution**. [S. l.], 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121588>.

Yemm, E. W.; Cocking, E. C.; Ricketts, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **The Analyst**, p 209-214 [S. l.], 1955. <http://dx.doi.org/10.1039/AN9558000209>.

Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L. (2018). Irrigation Systems and Zones of Salinity Development. In: **Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques**. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_4)

Zhang, S.; Yuan, L.; Lin, Z.; Li, Y.; Hu, S.; Zhao, B. Advances in humic acid for promoting plant growth and its mechanism[J]. **Journal of Plant Nutrition and Fertilizers**, v. 23, n. 4, p. 1065-1076, 2017. <http://dx.doi.org/10.11674/zwyf.16255>

Zribi, L.; Gharbi, F.; Rezgui, F.; Rejeb, S.; Nahdi, H.; Rejeb, M.N. Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato “*Solanum lycopersicum* (variety Rio Grande)”. **Scientia Horticulturae**, v. 120, p. 367–372, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.11.025>