

JEAN CARLOS NOGUEIRA

BIOESTIMULANTE DE ALGAS DE ÁGUA DOCE NA ATENUAÇÃO DE
IMPACTOS DA IRRIGAÇÃO SALINA NA CEBOLA

Serra Talhada-PE

2024

**N
O
G
U
E
I
R
A**

**C
J**

**B
I
O
E
S
T
I
M
U
L
A
N
T
E**

**D
E**

**A
L
G
A
S**

**·
·
·**

**2
0
2
4**

JEAN CARLOS NOGUEIRA

BIOESTIMULANTE DE ALGAS DE ÁGUA DOCE NA ATENUAÇÃO DE
IMPACTOS DA IRRIGAÇÃO SALINA NA CEBOLA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Coorientador: Prof. Dr. Genival Barros Junior

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

Serra Talhada-PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N778b Nogueira, Jean Carlos
BIOESTIMULANTE DE ALGAS DE ÁGUA DOCE NA ATENUAÇÃO DE IMPACTOS DA IRRIGAÇÃO SALINA
NA CEBOLA / Jean Carlos Nogueira. - 2024.
66 f. : il.
- Orientador: Genival Barros Junior.
Coorientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal
, Serra Talhada, 2024.
1. IPA 10. 2. IPA 11. 3. Extrato de algas. 4. Allium cepa L.. 5. Salinidade. I. Junior, Genival Barros, orient. II.
Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, coorient. III. Título

CDD 581.15

JEAN CARLOS NOGUEIRA

BIOESTIMULANTE DE ALGAS DE ÁGUA DOCE NA ATENUAÇÃO DE
IMPACTOS DA IRRIGAÇÃO SALINA NA CEBOLA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 21/02/2024.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Genival Barros Júnior – UAST/UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva – UAST/UFRPE
Examinador Interno

Prof^a Dr^a. Rosa Honorato de Almeida – UAST/UFRPE
Examinadora Externa

A Deus, minha família e principalmente, a minha mãe Maria Gorete da Conceição.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca me deixar desistir dos meus objetivos e ser refúgio nos momentos difíceis.

Aos meus pais José Raimundo Nogueira e Maria Gorete da Conceição por sempre me apoiarem e me darem todo suporte durante essa trajetória.

Ao meu orientador Prof. Genival Barros Junior por todo apoio e confiança durante a execução desse trabalho.

Ao grupo de estudos aplicados a cebola e melão - GEACM, especialmente Aureo, Gabriel, Daniel, Jorge, Joadson, Luiz Emanuel, Luiz Antônio e Pedro por todo o auxílio durante a execução das atividades.

Aos meus amigos Jefferson Calaça, José Raliuson, Carla Verônica, Agda Raiany, Luiz Felipe, Raul Caco, Ângela, Wesley e Gabriel.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão da bolsa.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pela infraestrutura disponibilizada e apoio valioso dos técnicos de laboratório e de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV/UFRPE), pelo suporte logístico, uso dos laboratórios e o apoio técnico para a realização deste trabalho.

RESUMO

Na agricultura contemporânea, a salinidade é um fator crucial que limita o crescimento e a produtividade das plantas. As cultivares de cebola são particularmente sensíveis à salinidade, o que resulta em uma redução significativa no seu desenvolvimento e produtividade. Diante desses desafios, estratégias têm sido estudadas para mitigar os efeitos da irrigação com água salina nos cultivos agrícolas. Este estudo investigou a eficiência técnica da aplicação de bioestimulante a base de extrato de algas de água doce em duas cultivares de cebola (*Allium cepa* L.), na perspectiva de atenuar os efeitos do uso na irrigação com água salina, favorecendo o crescimento, a produtividade e a qualidade final dos bulbos. No presente estudo experimentou-se cinco concentrações de bioestimulante (0, 1, 2, 3 e 4 mL L⁻¹ aplicadas no solo), no cultivo de duas cultivares de cebola (Franciscana IPA-10 e a Vale Ouro IPA-11) e dois tratamentos controle com as variedades IPA-10 e IPA-11 também sendo submetidas a aplicação do bioestimulante via foliar (2 mL L⁻¹). As análises permitiram concluir que aplicação da dose de 4 mL L⁻¹ do bioestimulante, administrada via solo, diferentemente das demais, resultou numa taxa de crescimento das plantas de 1,0 cm dia⁻¹, além de um aumento na razão potássio (K⁺) sódio (Na⁺) nos bulbos de ambas as cultivares para esta mesma dose, bem como um incremento de 25,11% no peso médio dos bulbos e de 24,28% produtividade total, em comparação com as condições normais de cultivo. Os resultados sugerem que a aplicação de 4 mL L⁻¹ do bioestimulante utilizado é uma estratégia válida para mitigar os efeitos do stress salino e melhorar o desenvolvimento, produtividade e rendimento comercial das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 sob as condições de cultivo aqui apresentadas. A aplicação de bioestimulante não reduziu o impacto da água salina sobre a salinidade secundária do solo, mantendo-se obrigatória a aplicação de frações de lixiviação e o uso da drenagem agrícola para o controle rigoroso da salinidade no perfil do solo.

Palavras-chave: IPA 10; IPA 11; Extrato de algas; *Allium cepa* L.; Salinidade.

ABSTRACT

In contemporary agriculture, salinity is a crucial factor limiting plant growth and productivity. Onion cultivars are particularly sensitive to salinity, resulting in a significant reduction in their development and yield. Faced with these challenges, strategies have been studied to mitigate the effects of saline water irrigation on crops. This study investigated the technical efficiency of applying a bio-stimulant based on freshwater algae extract to two onion cultivars (*Allium cepa* L.), aiming to alleviate the effects of saline water irrigation, promoting growth, productivity, and final bulb quality. In this study, five concentrations of bio-stimulant (0, 1, 2, 3, and 4-mL L⁻¹ applied to the soil) were tested in the cultivation of two onion cultivars (Franciscana IPA-10 and Vale Ouro IPA-11), with two control treatments where varieties IPA-10 and IPA-11 were also subjected to foliar application of the bio-stimulant (2 mL L⁻¹). Analyses allowed us to conclude that the application of a 4 mL L⁻¹ dose of bio-stimulant, administered via soil, unlike the others, resulted in a plant growth rate of 1.0 cm day⁻¹, as well as an increase in the potassium (K⁺) to sodium (Na⁺) ratio in the bulbs of both cultivars for this same dose, along with a 25.11% increase in average bulb weight and a 24.28% increase in total productivity compared to normal cultivation conditions. The results suggest that the application of 4 mL L⁻¹ of the bio-stimulant used is a valid strategy to mitigate the effects of saline stress and improve the development, productivity, and commercial yield of onion cultivars IPA-10 and IPA-11 under the cultivation conditions presented here. The application of the bio-stimulant did not reduce the impact of saline water on secondary soil salinity, making it necessary to apply leaching fractions and use agricultural drainage for strict control of salinity in the soil profile.

Keywords: IPA 10; IPA 11; Algae Extract; *Allium cepa* L.; Salinity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização dá área experimental – UFRPE/UAST, Serra Talhada – PE, Brasil, dez de 2023. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.....25
Figura 2	Croqui do experimento e tratamento experimental.....26
Figura 3	Recipiente a base de PET adaptado com micro-tubo para aplicação no solo (A), aplicação foliar realizada através de pulverizador costal pressurizado (B) e Ferticell Universal 3-0-1 [®] (C) ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....27
Figura 4	Variáveis climáticas observadas (A e B), radiação e fotoperíodo (C) e irrigação aplicada (D). Ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....28
Figura 5	Lote de sementes (A); Área de sementeira (B); Mudanças de cebola em crescimento (C); Transplante de mudas (D) e Canteiros instalados (E). Serra Talhada-PE, 2023.....31
Figura 6	Sistema de irrigação (A), sensores FDR (B) e coleta de dados (C) ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....34
Figura 7	Estalo (A), colheita (B) e plantas separadas (C) de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....35
Figura 8	Pesagem e classificação comercial de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....36
Figura 9	Determinação da firmeza dos bulbos (A), acidez titulável (B), teores de sólidos solúveis (C) e pH (D). após dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.....36
Figura 10	Taxas de crescimento da parte aérea (cm dia ⁻¹) durante a fase vegetativa das cultivares de cebola IPA-10 (A e C) e IPA-11 (B e D), 11 submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante.....39

Figura 11	Quantidade de folhas emitidas pelas plantas de cebola IPA-10 e IPA-11 (A e B) submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.....40
Figura 12	Peso médio dos bulbos (g bulbo^{-1}) (A e C) e produtividade total (t ha^{-1}) (B e D) das variedades de cebola IPA-10 e IPA-11 submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.....41
Figura 13	Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L^{-1} aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, considerando as cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 (A e B), submetidas à irrigação com água salina em diferentes doses de bioestimulante. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.....42
Figura 14	Rendimento comercial das variedades de cebola IPA-10 (A e C) e IPA-11 (B-D) submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados.....44
Figura 15	Conteúdo de potássio (K^+) nas folhas no primeiro ciclo (A e B), conteúdo de potássio (K^+) no bulbo no primeiro ciclo (C e D), e conteúdo de sódio (Na^+) nas folhas no segundo ciclo (E e F) e conteúdo de sódio (Na^+) nos bulbos no segundo ciclo (G e 47 H). As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.....46
Figura 16	Figura 16. Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L^{-1} aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, em relação ao conteúdo de potássio na folha (K^+) (Figura 16A e B), no bulbo (Figura 16C e D), sódio na folha (Na^+) (Figura 16E e F) e bulbo (Figura 16G e H) das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 durante primeiro e segundo ciclo. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.....48
Figura 17	Razão K^+ / Na^+ na folha durante o primeiro e segundo ciclo (A e B) e Razão K^+ / Na^+ no bulbo durante o primeiro e segundo ciclo (C e D). As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.....49

<p>Figura 18</p>	<p>Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L⁻¹ aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, em relação a Razão K⁺/Na⁺ na folha durante o primeiro e segundo ciclo (A e B) e Razão K⁺/Na⁺ no bulbo durante o primeiro e segundo ciclo (C e D) das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 durante primeiro e segundo ciclo. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.....50</p>
------------------------------------	---

LISTA DE TABELAS

Tabela	Resultados das análises física e química do solo da área experimental e da análise química da água de irrigação destinada ao cultivo experimental da cultura da cebola “IPA-10 e IPA-11”. – Serra Talhada – abril e agosto de 2023.....	30
Tabela	Análise da água utilizada na irrigação da cebola durante os ciclos de cultivo entre março e setembro de 2023 – Serra Talhada – PE, dez de 2023.....	33
Tabela	Variáveis físico-químicas das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 irrigadas com água salina sob diferentes doses de bioestimulante.....	45
Tabela	Pigmentos fotossintéticos das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 irrigada com água salina sob diferentes doses de bioestimulante.....	51
Tabela	Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo durante a condução experimental.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Ø: Porosidade total	DAT: Dias após transplante
Ds: Densidade do solo	SO ₄ ²⁻ : Sulfato
CE: Condutividade eléctrica	RAS: Razão de adsorção de sódio
CTC: Capacidade de troca catiónica	<LQ: Menor que o limite de qualificação
V%: Saturação por bases	ns: Não existem diferenças significativas
M. O: Matéria orgânica (método da mufla)	N-Newton
CC: Capacidade de campo	SS-Sólidos solúveis
H+Al: Hidrogénio + alumínio (acidez potencial)	AT-Acidez titulável
K ⁺ : Potássio	pH-Potencial de hidrogênio
Ca ²⁺ : Cálcio	Cu ²⁺ : Cobre
Mg ²⁺ : Magnésio	Zn ²⁺ : Zinco
Na ⁺ : Sódio	B: Boro;
P: Fósforo	CaCO ₃ : Carbonato de cálcio
S: Enxofre	CO ₃ ²⁻ : Carbonato
Fe ²⁺ : Ferro	NaHCO ₃ : Bicarbonato de sódio
Mn ²⁺ : Manganês	Cl ⁻ : Cloreto
H+Al: Hidrogénio + alumínio (acidez potencial)	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 HIPÓTESE.....	15
3 OBJETIVOS.....	15
3.1 Geral:	15
3.2 Específicos:	15
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4.1 Salinidade da água e solo	16
4.2 Irrigação com água salina	17
4.3 Estresse salino em plantas.....	19
4.4 Bioestimulantes vegetal	21
4.5 Extrato de algas.....	22
4.6 Cebola (<i>Allium cepa</i> L.).....	23
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1 Área de estudo	25
5.2 Design e tratamentos experimentais	26
5.3 Manejo e condução da área experimental.....	27
5.4 Dados coletados	34
5.4.1 Parâmetros de crescimento	35
5.4.2 Parâmetros de rendimento	35
5.4.3 Características físico-química dos bulbos	36
5.4.4 Avaliação de íons cloreto, potássio e sódio nas plantas	37
5.4.5 Pigmentos fotossintéticos nas folhas	37
5.5 Tratamentos dos dados e análise estatística	38
6 RESULTADOS.....	38
6.1 Parâmetros de crescimento	38
6.2 Parâmetros do rendimento	40
6.3 Características físico-químicas (firmeza do bulbo, acidez titulável, sólidos solúveis e potencial de hidrogênio)	44
6.4 Avaliação de íons cloro, potássio e sódio	45
6.5 Pigmentos fotossintéticos	51
6.6 Condutividade elétrica do extrato de saturação.....	52
7 DISCUSSÃO.....	53
8 CONCLUSÕES.....	55
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura contemporânea, a salinidade é reconhecida globalmente como um dos principais fatores ambientais que limitam o crescimento e a produtividade das plantas em regiões áridas e semiáridas (Zorb et al., 2018; Pessoa et al., 2019). A exposição à salinidade excessiva pode causar impactos negativos no crescimento e metabolismo das plantas, especialmente em culturas hortícolas, resultando em diversas mudanças morfológicas (Soltabayeva et al., 2021), iônicas (Reguera et al., 2020), osmóticas (Parihar et al., 2015), nutricionais (Garcia-Caparrós et al., 2017), fisiológicas e bioquímicas (Dehnavi et al., 2020).

A cebola (*Allium cepa* L.) pertence à família Alliaceae e representa uma das hortaliças mais significativamente cultivada, devido as suas características nutricionais e medicinais (Ricciardi et al., 2020). Seu cultivo tem registro em 143 países ao redor do mundo (Melouk et al., 2023), estando o Brasil entre os 10 maiores produtores mundiais (Cordeiro et al., 2022). A região Nordeste do Brasil é responsável por 20,6% da produção nacional, produção essa concentrada principalmente na região do Semiárido brasileiro (IBGE, 2022). Entretanto, nessa região do bioma Caatinga, a produção agrícola é afetada pela salinização dos solos e da água, baixa pluviosidade e alta evapotranspiração (Pessoa et al., 2012).

As cebolas são sensíveis a salinidade presente a partir de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica (CE) na água ou quando essa CE no extrato de saturação do solo atinge $1,2 \text{ dS m}^{-1}$. Este fator causa uma redução linear de rendimento esperado de 18,52% para cada unidade de CE adicionada ao meio de cultivo (Lima et al., 2008), resultando em uma diminuição do crescimento radicular, número de folhas, altura da planta, peso e diâmetro do bulbo (Shannon et al., 1983).

Sabendo-se que as plantas enfrentam diversos estresses ambientais durante seu ciclo de vida (Warsi et al., 2021), várias estratégias têm sido aplicadas para lidar com a introdução de água salina nas irrigações dos cultivos. Isso inclui a modificação das próprias práticas de irrigação (Yohannes et al., 2020), a escolha de cultivares tolerantes a presença do sal na água e no solo (Alam et al., 2023) e o uso de fertilizantes específicos.

Apesar dos esforços já despendidos até a presente data, ainda não compreendemos com exatidão a aplicação de bioestimulantes na agricultura. Esses bioprodutos são geralmente derivados de extratos orgânicos e podem beneficiar os

mecanismos de tolerância a fatores abióticos (Vojnović et al., 2023). Os bioestimulantes são compostos a base de extrato de algas ou vegetais que podem promover um quadro de intensificação sustentável, melhorando a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas (Shahrajabian et al., 2021; Vojnović et al., 2023). Esses produtos passaram a desempenhar um papel fundamental na agricultura contemporânea, otimizando o potencial de crescimento e desenvolvimento das culturas quando aplicados em doses reduzidas no solo ou por meio de aplicações foliares (Chojnacka et al., 2015).

As algas são organismos fotossintéticos do fitoplâncton que podem crescer em ambientes marinhos ou de água doce (González-Pérez et al., 2022). Possuem componentes químicos que influenciam o crescimento das plantas incluindo fitohormônios (e.g., citocininas, auxinas, ácido indol-acético e ácido abscísico), betaínas, esteróis, polissacarídeos, minerais, oligoelementos, aminoácidos e polifenóis (Górka et al., 2013).

Esses compostos podem potencialmente influenciar nos processos fisiológicos das plantas, melhorando a absorção e translocação de nutrientes, além de aumentar a tolerância aos diferentes estresses ambientais (Rai et al., 2021). Nesta perspectiva, os fitohormônios são primordiais para melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (Michalak et al., 2015).

Pesquisas têm evidenciado os efeitos benéficos dos extratos de algas, especialmente de espécies do gênero *Chlorella*, *Saragassum*, *Laminaria*, *Durvillaea*, *Ascophyllum* e *Ecklonia* (Righini et al., 2018; Dias et al., 2021; Pedro et al., 2022). Embora essas informações ainda sejam incipientes no gênero *Allium* (Mógor et al., 2021), em estudos recentes conduzidos por Gonçalves et al. (2023), foram enfatizados os benefícios da aplicação de um extrato comercial à base de algas (*Asterarcys quadricellulare*) para melhorar o desenvolvimento das plântulas de alface e rúcula.

Em cebola Mógor et al. (2021) observaram melhorias no diâmetro do pseudocaule, na expansão das folhas e no crescimento das raízes, utilizando bioestimulante a base das algas. Outras pesquisas também comprovam que o uso de extrato de algas de água doce resultaram em melhorias nos parâmetros físico-químicos e de crescimento de plantas de beterraba (Barone et al., 2018), acelga (Hajnal et al., 2020), tomate (Oancea et al., 2013), beringela (Dias et al., 2016) e batata (Zarzecka et al., 2020).

Além disso, efeitos positivos na bioatividade do ácido húmico, proveniente da microalga *Scenedesmus subspicatus* foram confirmados por Gonçalves et al. (2023), uma vez que promoveram o crescimento das plantas de cebola nos estágios iniciais do cultivo, melhorando o calibre dos bulbos e aumento do rendimento. As algas de água doce que merece uma atenção especial é a *Chlorella* spp., que possui em sua composição bioativos rico em carboidratos, lipídios, proteínas, e minerais que são responsáveis pelo seu crescimento (Ortiz-Moreno et al., 2019).

Embora pesquisas anteriores tenham indicado que as algas possuem compostos bioativos benéficos para o crescimento das plantas, a aplicação desses produtos na cebola e sua reação à salinização presente no solo ou até mesmo no comportamento da cultura ao ser irrigada com água salina, ainda não foram completamente investigadas. Além disso, o entendimento dos mecanismos subjacentes aos efeitos positivos dos bioestimulantes nas cebolas sob estresse salino é limitado (Mógor et al., 2021), o que dificulta a formulação de orientações práticas para enfrentar situações onde a água salina é a base da irrigação nesta cultura.

2 HIPÓTESE

A aplicação de bioestimulantes a base de extrato de algas de água doce no cultivo de cebolas sob condições de irrigação com água salina pode resultar em um incremento no crescimento vegetativo, nos componentes de produção e na qualidade dos bulbos.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral:

- Objetivou-se com o presente estudo examinar a eficiência técnica da aplicação de bioestimulante a base de extrato de algas de água doce em duas cultivares de cebola (*Allium cepa* L.), como forma de atenuar os efeitos do uso na irrigação com água salina, com impactos sobre o crescimento, a produtividade e a qualidade final da cebola.

3.2 Específicos:

- Avaliar a aplicação de diferentes doses de bioestimulante e seus impactos nos cultivos de cebola irrigada com água salina;
- Determinar possíveis modificações nas características de crescimento, desenvolvimento, absorção de nutrientes e qualidade final dos bulbos de cebola,

provocadas pela presença do bioestimulante em cultivos irrigados com água salina;

- Estabelecer condições para recomendação do uso de bioestimulantes visando a melhoria da produção e qualidade das cebolas em ambientes salinos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Salinidade da água e solo

A salinidade da água e do solo em áreas cultivadas, seja em ambientes de sequeiro ou irrigados, é um desafio global (Pedrotti et al., 2015). Na agricultura moderna, a irrigação é essencial para a produção alimentar em todo o mundo (Almeida et al., 2021). No entanto, essa prática contribuiu significativamente para a salinização de extensas áreas irrigadas (Silva et al, 2021). De acordo com informações da FAO (2021), estima-se que quase 20% dos 230 milhões de hectares de terras irrigadas estejam afetados pela salinização em algum nível.

Os solos salinos, também denominados solos halomórficos, desenvolvem-se em condições de drenagem imperfeita e na presença de sais solúveis trocáveis, ou ambos, em camadas superficiais ou horizontes próximos à superfície (Hans et al., 2016). Conforme o USSL Staff (1954), os solos são considerados salinos quando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) é igual ou superior a 4 dS.m^{-1} e possuem uma porcentagem de Na^+ trocável (PST) inferior a 15%, com um pH abaixo de 8,5. Por sua vez, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) categoriza os solos quanto ao seu caráter sálico ($\text{CEes} \geq 7 \text{ dS.m}^{-1}$, a 25°C) e salino ($4 \leq \text{CEes} < 7 \text{ dS.m}^{-1}$, a 25°C), diferenciando classes nos níveis categóricos (Embrapa, 2018).

O excesso de sais solúveis na solução do solo resulta da combinação de diversos fatores naturais e artificiais: condições edáficas (baixa capacidade de lixiviação dos sais e presença de camadas impermeáveis), fatores climáticos (baixo índice pluviométrico e alta taxa de evapotranspiração), além de práticas de manejo do solo (irrigação com águas salinizadas, excesso de água na irrigação, uso excessivo de agroquímicos, entre outros) (Tokumoto et al., 2021). Importante ressaltar que o processo de salinização resulta na acumulação de sais solúveis como Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , nos horizontes do solo (Mohammed et al., 2022).

O excesso de sais limita consideravelmente a produção agrícola, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde se tem um quadro de chuvas irregulares e altas

taxas de evapotranspiração (Vanies et al., 2018). O aumento das áreas afetadas pela salinização é preocupante, principalmente em regiões irrigadas com grandes infraestruturas em regiões reconhecidamente áridas ou semiáridas (Oliveira et al., 2020).

A utilização descontrolada da irrigação, além de uma drenagem deficiente no perfil do solo, acelera o processo de salinização, levando à redução significativa do potencial de desenvolvimento das culturas em um curto período de tempo (Alvarenga et al., 2019).

4.2 Irrigação com água salina

De acordo com Saibo (2022), a irrigação é vital para garantir a produção agrícola em regiões tropicais de clima quente e seco, contudo, a qualidade da água torna-se um fator limitante que deve ser cuidadosamente considerado antes da implementação dos cultivos. Não apenas o teor de sais distribuídos na água é avaliado, mas também a composição individual dos íons presentes, já que mesmo em baixas concentrações, podem ser incorporados ao solo, ocasionando sua salinização e inviabilizando o empreendimento em poucos anos (Jesus et al., 2020).

Os ânions presentes na água, como carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}), bem como os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e o potássio (K^+), em diferentes quantidades, desempenha um papel crucial na água utilizada para a agricultura. A textura, estrutura e permeabilidade do solo são indicadores fundamentais que delimitam o uso da água de forma segura para a biodiversidade do solo (Bongue et al., 2019).

Portanto, uma água considerada de boa qualidade para segurança do biosistema deve possuir uma condutividade elétrica abaixo de $0,25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Classes C_1), podendo, porém já com importantes restrições, alcançar uma CE de $0,75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Classe C_2) de salinidade (Smedema et al., 2002).

No entanto, a maior parte das águas utilizadas em regiões áridas e semiáridas provêm de fontes subterrâneas e superficiais com altos teores salinos, sendo os poços a principal fonte para esse fim (Pettersen et al., 2021). O uso de águas subterrâneas com salinidade elevada na irrigação, combinado com a baixa profundidade efetiva dos solos nessas regiões, resulta em uma elevação rápida da salinidade do lençol freático. Isso, por sua vez, provoca uma ascensão de sais por capilaridade, levando a um aumento da

salinidade nas camadas superficiais do solo próximo ao sistema radicular das culturas (Hans et al., 2016).

É relevante ressaltar que muitas dessas regiões já sofrem com problemas de salinização natural devido a condições imperfeitas de drenagem, como é o caso de alguns Vertissolos, Planossolos, Cambissolos Flúvicos e solos com caráter vértico (Cabral et al., 2019).

Esses solos, cujas características, torna-os mais suscetíveis à manipulação física, química e biológica, exigindo maior atenção no desenvolvimento de técnicas e estratégias especiais de manejo e conservação, especialmente em áreas irrigadas (Mohammed et al., 2022).

É importante ressaltar que nas regiões áridas e semiáridas do mundo, a prática da agricultura biosalina tem ganhado importância, principalmente ao utilizar águas subterrâneas com diferentes níveis de salinidade. No Nordeste brasileiro, por exemplo, passou a ser frequente a aplicação de água salobra proveniente de fontes subterrâneas em cultivos (Medeiros, 1992). Essa prática tem aumentado devido ao esgotamento acelerado dos recursos hídricos de qualidade, nas regiões áridas, semiáridas e tropicais (Duarte et al., 2021).

Ayyam et al. (2019) descrevem a agricultura biosalina como uma prática de cultivo baseada na utilização de plantas, água e solos afetados por sais em diferentes níveis. Eles destacam a crescente necessidade de produção de alimentos para atender a população em expansão, enfatizando a importância de alternativas agrícolas, embora expressem preocupações com os recursos naturais nessas regiões. A redução da disponibilidade de água superficial, juntamente com a baixa pluviosidade, explicam a dependência dos produtores por água de menor qualidade, majoritariamente salina (Alvarenga et al., 2019).

A utilização de água salina para irrigação é bem-sucedida em alguns países que enfrentam escassez de recursos hídricos. Isso inclui o cultivo de plantas tolerantes a concentrações elevadas de sais, assim como produtos que induzem a expressão de tolerância a esses ambientes, permitindo a produção até certo limite sem afetar significativamente a produtividade (Vallejos et al., 2022). No entanto, independentemente do tipo e fonte de água salobra utilizada na produção de alimentos, é fundamental seguir os critérios técnicos baseados na cultura que se pretende implantar e nas características do solo.

4.3 Estresse salino em plantas

O estresse salino é um dos problemas mais sérios que afetam a produção vegetal globalmente. As áreas afetadas por sais, incluindo salinos, sódicos e salino-sódicos, ocupam aproximadamente 1 bilhão de hectares ao redor do mundo, comumente ocorrendo em regiões áridas e semiáridas, tanto em áreas costeiras quanto continentais (Wicke et al., 2011; Sharma et al., 2016; Beltrán, 2016; Taleisnik et al., 2021).

Nessas regiões, a escassez de água doce, juntamente com os baixos índices de chuvas, leva os agricultores a utilizar água salina para irrigar as lavouras. No entanto, essa prática enfrenta uma série de restrições, especialmente quando não é devidamente gerenciada (Sharma et al., 2016).

O acúmulo de sais solúveis nas camadas superiores do solo é o principal responsável pela salinização (Chaves et al., 2009). Esses sais afetam diversos aspectos, incluindo morfologia, anatomia (Stresi et al., 2020), comprimento radicular, pressão osmótica e crescimento das plantas (Büyük et al., 2012), causando desequilíbrio iônico, estresse oxidativo, seca fisiológica e deficiência de nutrientes, comprometendo o rendimento das plantas (Zörb et al., 2019).

Os altos níveis de sais desencadeiam o estresse oxidativo nas plantas, gerando espécies reativas de oxigênio (ROS), que são importantes ao metabolismo e às estruturas celulares. No entanto, as plantas possuem enzimas antioxidantes que desempenham um papel crucial na neutralização dessas ROS, atuando como mecanismos de defesa (Borrajo et al., 2018). Diante dessas condições, as plantas precisam ajustar seus processos fisiológicos e bioquímicos para regular a homeostase iônica e osmótica, além de controlar e reparar os danos causados pelos sais. As respostas das plantas ao estresse salino envolvem estresse, estresse osmótico e mecanismos de desintoxicação (Yang et al., 2018).

As plantas sensíveis ao sal ajustam a pressão osmótica através de uma coleção de solutos compatíveis, como prolina, glicina betaína e açúcares. Por outro lado, as plantas tolerantes conseguem acumular o sal nos vacúolos celulares, controlando a concentração de sais no citosol e mantendo uma alta relação K^+/Na^+ em suas células. No entanto, essas características variam amplamente entre espécies (Castillo et al., 2022). Os mecanismos de exclusão iônica podem conferir certa tolerância às concentrações baixas de Na^+ , porém em altas concentrações, podem inibir processos metabólicos cruciais, principalmente no crescimento das plantas (Zörb et al., 2019).

Quando submetidas ao estresse salino, as plantas detectam os sinais de sais em suas células, acionando o controle de proteínas essenciais para o transporte iônico, redistribuição metabólica e expressão gênica para restabelecer a homeostase iônica e hídrica, bem como a estabilidade celular sob condições de estresse (Yang et al., 2018).

Estudos demonstraram que o estresse osmótico e salino podem induzir a expressão de centenas de genes, gerando mecanismos de percepção e resposta às condições salinas que podem ser mediados por sensores osmóticos e de Na^+ (Chol et al., 2014). Em plantas, a sinalização de estresse iônico segue uma via conhecida como via SOS. Nessa via, a proteína SOS3, que detecta o sinal de cálcio citosólico, interage com e ativa a proteína quinase serina/treonina SOS2. Essa interação leva à ativação do antiportador Na^+/H^+ na membrana plasmática, conhecido como SOS1. Essa ativação permite que as plantas tolerem melhor o estresse salino, ajudando na regulação dos níveis de sódio dentro das células (Zhu, 2016).

As vias de estresse osmótico ativadas pelo sal induzem a produção e acúmulo de osmólitos compatíveis para reduzir o potencial osmótico celular e estabilizar as estruturas celulares (Ashraf et al., 2018). Altas concentrações de ROS podem danificar proteínas, lipídios, DNA e carboidratos. Assim, o controle das concentrações de ROS é crucial, pois a sinalização de desintoxicação pode eliminar essas espécies reativas e reparar os danos. Os efeitos do estresse salino nas plantas são expressivos, incluindo crescimento reduzido, desenvolvimento acelerado e senescência, e em concentrações extremas, podem levar à morte celular (Anwar et al., 2020).

O estresse salino também pode induzir a síntese de ácido abscísico, fechando os estômatos e diminuindo a fotossíntese, levando ao estresse oxidativo. O excesso de íons de sódio na raiz interfere na absorção de outros íons, afetando vias metabólicas cruciais, como o potássio (Zhu, 2016).

O resultado desses efeitos inclui redução na germinação de sementes, encurtamento das raízes, menor acúmulo de biomassa vegetal, crescimento atrofiado, aumento na expansão da área foliar, e também alterações morfológicas nas células e tecidos vegetais (Perelman et al., 2022).

Estudos sobre as respostas das plantas ao estresse salino demonstraram que os mecanismos adaptativos e estratégias celulares, metabólicas e fisiológicas projetadas pelas plantas desempenham um papel fundamental na tolerância e/ou adaptação a essas condições (Arif et al., 2019). Apesar dos esforços para melhorar o desempenho das culturas diante do estresse salino, nossa compreensão dos mecanismos de tolerância ao

sal pelas plantas ainda precisa de mais estudos.

4.4 Bioestimulantes vegetal

Os bioestimulantes vegetais representam uma nova vertente na agricultura devido à sua capacidade de fortalecer a tolerância das plantas aos estresses ambientais e melhorar a absorção de nutrientes, resultando em um incremento no desempenho e na qualidade dos produtos cultivados (Jardin et al., 2020). Esses produtos são caracterizados pela sua capacidade de estimular processos naturais em plantas ou na rizosfera por meio de substâncias ou microrganismos benéficos (Ricci et al., 2019). Sua composição abrange uma variedade de substâncias, incluindo ácidos húmicos, hidrolisados de proteínas, extratos de algas, enzimas, hormônios vegetais, macro e micronutrientes, bem como microrganismos (Neshev et al., 2022).

Os bioestimulantes são considerados uma tecnologia complementar e sustentável aos fertilizantes minerais, melhorando a eficiência de absorção, translocação e uso de nutrientes pelas plantas. Seu impacto positivo nas culturas agrícolas e hortícolas, portanto, deve-se a melhoria da disponibilidade e assimilação de nutrientes em condições adversas (Fiorentino et al., 2018). Além de atuarem nos processos metabólicos das plantas, também promovem o enriquecimento da microbiota do solo, independentemente da presença de nutrientes nos produtos (Tarafdar, 2022).

O efeito desses produtos nos cultivos decorre das interações sinérgicas entre seus componentes, influenciando atividades fisiológicas em órgãos como raízes, caules, folhas e frutos (Rouphael et al., 2018).

Quando aplicados por meio de biomassa foliar ou fertirrigação na zona radicular das plantas, podem melhorar a pigmentação foliar, a eficiência fotossintética, a biomassa da parte aérea, o número e a área de folhas, além de aumentar a quantidade de frutos e/ou seu peso médio, especialmente em situações adversas, provocadas por estresses abióticos - seca, salinidade, temperaturas elevadas, hipóxia e deficiência de nutrientes (Lucini et al., 2018; Esmail et al., 2019). Esses estresses são conhecidos por reduzir o crescimento vegetativo das culturas, causando prejuízos aos agricultores (Etesami et al., 2018).

A agricultura moderna tem buscado práticas mais sustentáveis, produzindo alimentos em maior escala com a minimização dos danos ao ecossistema e redução da dependência de insumos químicos (Pascale et al., 2017). Nesse contexto, os

bioestimulantes à base de extrato de algas têm ganhado destaque como uma resposta natural e eficaz frente às adversidades encontradas nas áreas de cultivo, oferecendo estímulos benéficos para as plantas em condições desafiadoras (Yakhin et al., 2017).

4.5 Extrato de algas

As algas são classificadas em grupos e em suas características de coloração e substância de reserva, inclui a *Cyanophyceae* (algas azuis-esverdeadas), *Chlorophyceae* (algas verdes), *Phaeophyceae* (algas marrons), *Rhodophyceae* (algas vermelhas) e *Bacillariophyceae* (diatomáceas) (Paula et al., 2007). A produção de extratos líquidos de algas foi desenvolvida na década de 1950 (Milton, 1952), e, desde então, diferentes espécies de algas são amplamente utilizadas na produção de bioestimulantes (Stevens et al., 2020), sendo que a maioria dos extratos comerciais provém de algas marrons como *Ascophyllum nodosum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Sargassum* e *Turbinaria* spp (Nanda et al., 2021).

Extratos comerciais têm aumentado a capacidade de resistência das plantas aos estresses bióticos e abióticos, melhorando a germinação, o crescimento, o desempenho, a produção de frutos, além de influenciar positivamente a qualidade pós-colheita (Sharma et al., 2012). Estudos indicam que o extrato comercial de *Ascophyllum nodosum* estimulou o crescimento vegetativo, aumentou o rendimento e a germinação de sementes de berinjela (Osman et al., 2014), e melhorou o crescimento, rendimento e qualidade dos frutos de melancia (Abdel et al., 2010).

A aplicação de bioestimulantes de algas em plantas sob estresse hídrico vem sendo realizada para promoção de um maior crescimento, especialmente em porta-enxertos de árvores cítricas (Ramzan et al., 2022). Estudos também demonstraram que bioestimulantes de algas atuam como ferramentas moleculares para ajustar o crescimento e a tolerância ao estresse hídrico em plantas de *Arabidopsis* (Rasul et al., 2021). Em culturas como a soja, esses bioestimulantes melhoraram a tolerância à seca regulando genes de resposta ao estresse e mantendo a hidratação das plantas (Shukla et al., 2017).

A associação de algas do gênero *Chlorophyta*, como a *Scenedesmus subspicatus*, com ácidos húmicos promoveu melhorias no rendimento e no calibre de cebolas (Gemin et al., 2019). Já o uso de algas *A. platensis* aumentou a produção de cultivos destinados a produção de bebidas alcoólicas em sistemas de produção orgânica por

meio de pulverizações foliares (Mógor et al., 2018).

Os efeitos positivos dos bioestimulantes são atribuídos a diferentes componentes orgânicos e minerais presentes em extratos de algas, os quais podem variar de acordo com a o meio de reprodução das algas, época de coleta e processo de extração utilizado (Esserti et al., 2017). Entre esses componentes estão hormônios vegetais, polissacarídeos e polifenóis encontrados apenas em algas, como laminarina, fucoidan e alginatos, além de minerais como potássio, nitrogênio, boro, cobre, ferro e zinco (Calvo et al., 2014).

Embora haja muitos produtos de algas marinhas no mercado, ainda há poucas informações na literatura sobre as respostas fisiológicas das plantas aos bioestimulantes de algas de água doce. *Chlorella*, uma alga verde de água doce com várias espécies, incluindo *Chlorella vulgaris* e *Chlorella pyrenoidosa*, tem sido muito estudada devido às suas propriedades (Rosenberg et al., 2014).

Um exemplo é o bioestimulante Ferrticell Universal 3-0-1, composto por uma mistura de macronutrientes, micronutrientes e extratos fermentados de algas (25% de sua composição deriva do extrato de algas *Chlorella*). A *Chlorella* possui uma alta concentração de bioativos como carboidratos, lipídios, proteínas, minerais e clorofila, que são responsáveis pelo seu crescimento (Henrikson, 1994; Vonshak, 1997).

Embora o modo de ação dos extratos de algas, especialmente de algas de água doce, ainda não seja totalmente compreendido em relação aos estresses nas plantas, a presença de moléculas bioativas como betaínas e cininas nesses extratos pode proporcionar um melhor desempenho das plantas sob condições adversas (Neumann et al., 2017). Esses extratos podem aumentar as concentrações de moléculas em situação de estresse, como é o caso das citocininas, prolina e enzimas antioxidantes, quando aplicados às plantas.

4.6 Cebola (*Allium cepa* L.)

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça pertencente à família Alliaceae, que inclui outras plantas valiosas como o alho, alho-poró e cebolinha (Melo, 2007). Seu cultivo remonta à antiguidade, com registros no Egito datados de cerca de 3000 aC, destacando a importância histórica desse alimento (Shigyo et al., 2008). Atualmente, o cultivo da cebola está disseminado em 143 países, devido ao seu valor culinário e medicinal. A Índia lidera a área de cultivo, enquanto a China é o principal produtor

global de cebolas (Lyngkhoi et al., 2021).

No Brasil, o cultivo começou durante o período de colonização, principalmente nas regiões do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, trazido por imigrantes (Oliveira, 2021). A cebola é a hortaliça mais cultivada, sendo uma das atividades agrícolas mais impactantes em termos de uso do solo e recursos, geralmente enviada por pequenos e médios produtores (Menezes et al., 2014).

Devido à diversidade climática do Brasil, a cebola é produzida durante todo o ano, com variações de intensidade dependendo da região. No Nordeste, Bahia e Pernambuco são os principais estados produtores, com a região do Baixo e Médio São Francisco utilizando principalmente variedades desenvolvidas pelo IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária) (Embrapa, 2007). O plantio pode ocorrer por transplante de mudas ou plantio direto no local definitivo, variando o espaçamento de acordo com a região (Araújo, 2022).

A adubação orgânica e mineral é essencial para o bom desempenho da cebola, especialmente em solos arenosos (Olmar et al., 2020). Por ser composta por mais de 90% de água, a cebola é sensível tanto a escassez quanto ao excesso de água, portanto, exigente em manejo que torna-se crucial para o desenvolvimento dos bulbos (Pinto et al., 2018). Além do manejo da água ao longo do ciclo da cultura, a salinidade da água pode ser prejudicial, pois a cebola é suscetível tanto ao estresses abióticos como ao estresse salino (Puiatti, 2019).

O rendimento da cultura de cebola começa a declinar em condições de salinidade, geralmente acima de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ na água e $1,2 \text{ dS}^{-1}$ no solo, afetando o tamanho dos bulbos, a altura da planta, o número de folhas e o crescimento do sistema radicular (Maas et al., , 1977; Doorenbos et al., 1979). Segundo Marouelli et al. (2005). À medida que essa condutividade aumenta, observa-se uma redução progressiva na produtividade: a $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, há uma diminuição de aproximadamente 10% no rendimento; em $4,3 \text{ dS m}^{-1}$, essa redução aumenta para cerca de 50%; e em condições de $7,5 \text{ dS m}^{-1}$, a produtividade da cebola é completamente comprometida, resultando em uma redução de 100%, reforçando a importância de se manter níveis adequados de salinidade no solo para a maximização da produção de cebolas.

Os períodos mais crítico para a cebola em relação à salinidade ocorrem durante a germinação das sementes e no desenvolvimento dos bulbos (Pinto et al., 2018). O estresse fisiológico salino pode afetar significativamente o rendimento das plantas, impedindo a estabilidade da membrana e alterando a composição dos bulbos pós-

colheita (Lima et al., 2008).

Portanto, é essencial explorar tecnologias que possam mitigar os efeitos do estresse salino na cebola, já que este fator representa uma das principais causas do baixo rendimento da cultura (Yohannes et al., 2020). O estudo de alternativas de proteção das cebolas aos efeitos adversos provocados pelo estresse salino pode ser fundamental para garantir uma produção estável e de qualidade.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

O experimento foi realizado em dois ciclos de cultivo no campo experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), localizado no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (latitude: 7°59'S, longitude: 38°15'O, altitude: 499 m) (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen, a região possui um clima do tipo BSw'h' (Semiárido quente e seco, com estação chuvosa no verão e inverno seco), com média anual de chuva de 667,2 mm e evapotranspiração potencial variando de 1.800 a 2.000 mm. A temperatura média do ar é de 26,5 °C, com umidade relativa média do ar de 62,7% (Pereira et al., 2015).

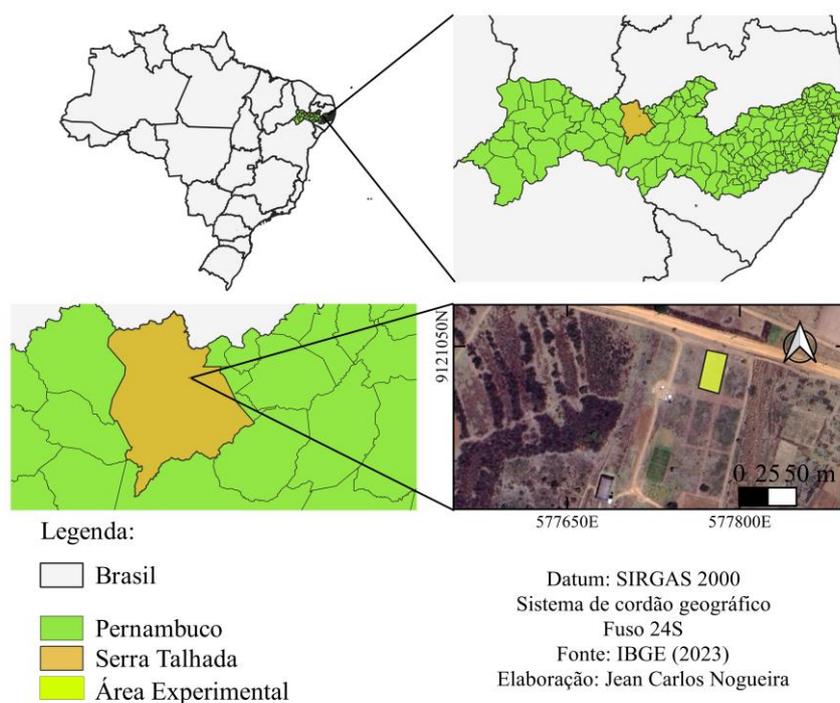


Figura 1. Localização dá área experimental – UFRPE/UAST, Serra Talhada – PE, Brasil, dez de 2023. **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

5.2 Design e tratamentos experimentais

O experimento seguiu um delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial $5 \times 2 + 2$, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se por diferentes doses de bioestimulante (0, 1, 2, 3 e 4 mL L⁻¹) administradas via aplicação no solo, com o segundo fator sendo constituído pelas cultivares Franciscana IPA-10 "roxa" e a Vale Ouro IPA-11 "amarela" (comumente utilizadas pelos produtores do Nordeste do Brasil), e dois tratamentos controle IPA-10 e IPA-11 submetidas a aplicação do bioestimulante via foliar (2 mL L⁻¹).

A área total do experimento abrangeu 180 m² (9 x 20 m), incluindo os espaços entre as parcelas e as áreas de trânsito. A área efetivamente utilizada para o experimento foi de 48 m², sendo composta por 48 parcelas de 1 m² cada. Cada parcela continha 80 plantas, considerando-se as 20 plantas centrais de cada parcela como unidades experimentais válidas (área útil) (Figura 2).

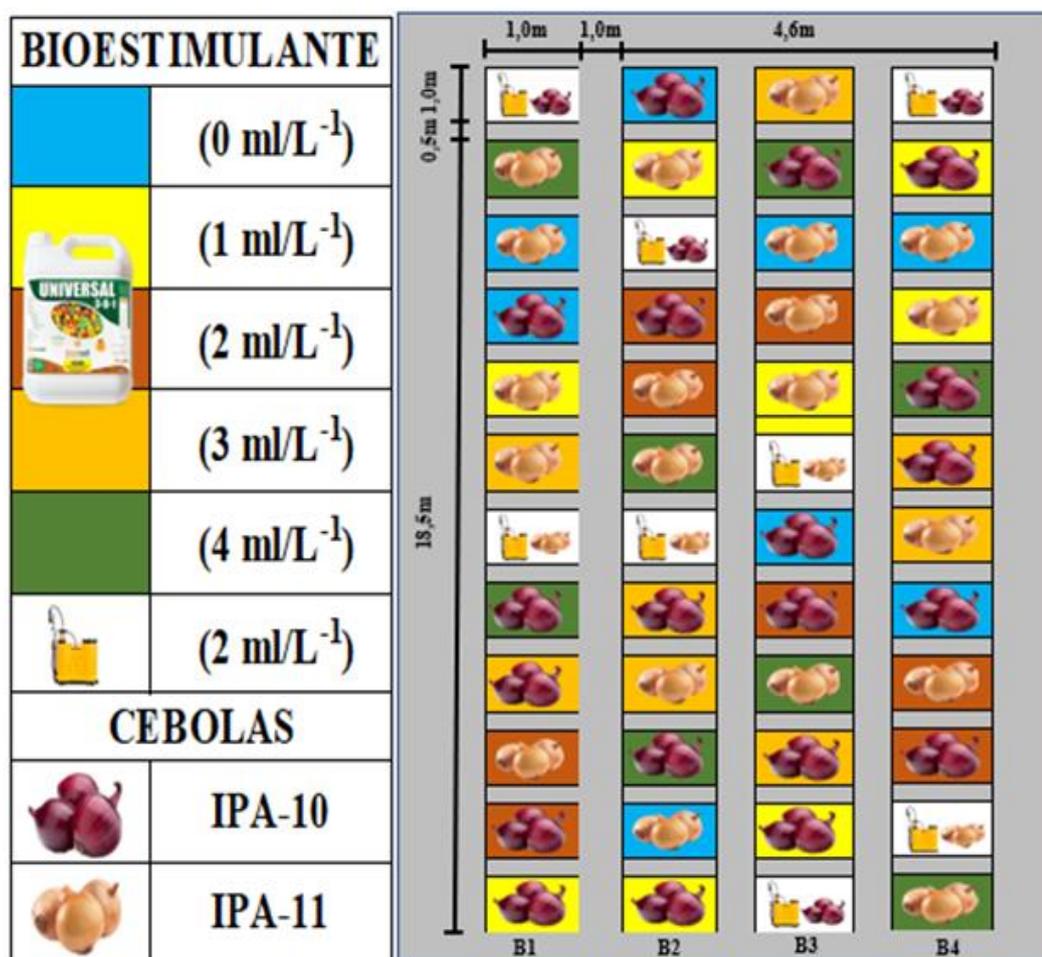


Figura 2. Croqui do experimento e tratamento experimental.

5.3 Manejo e condução da área experimental

As aplicações do bioestimulante tiveram início 8 dias após o transplântio das mudas e foram realizadas semanalmente [totalizando oito aplicações ao longo de cada ciclo (primeiro ciclo no período chuvoso e segundo ciclo período transitório chuvoso e seco)], com as aplicações sempre ocorrendo após os eventos de irrigação, utilizando 1,5 litros da solução em cada parcela, com dosagens específicas para cada tratamento.

A aplicação do tratamento no solo ocorreu entre as linhas de plantio, por meio de um recipiente a base de PET adaptado com micro-tubo (Figura 3A), enquanto a aplicação foliar foi realizada através de pulverizador costal pressurizado (Figura 3B).

Utilizou-se o produto comercial Ferticell Universal 3-0-1[®] como fonte de bioestimulante, o qual contém 25% de extrato de algas de água doce, 2,72% de N, 2,57% de P, 1,14% de K, 0,52% de S, 0,15% de Zn, 0,05% de B, 58,7 mg L⁻¹ de Mg, 0,25 mg L⁻¹ de Cu e 150,03 mg L⁻¹ de Mn (Figura 3C) (Agroplasma, 2023).

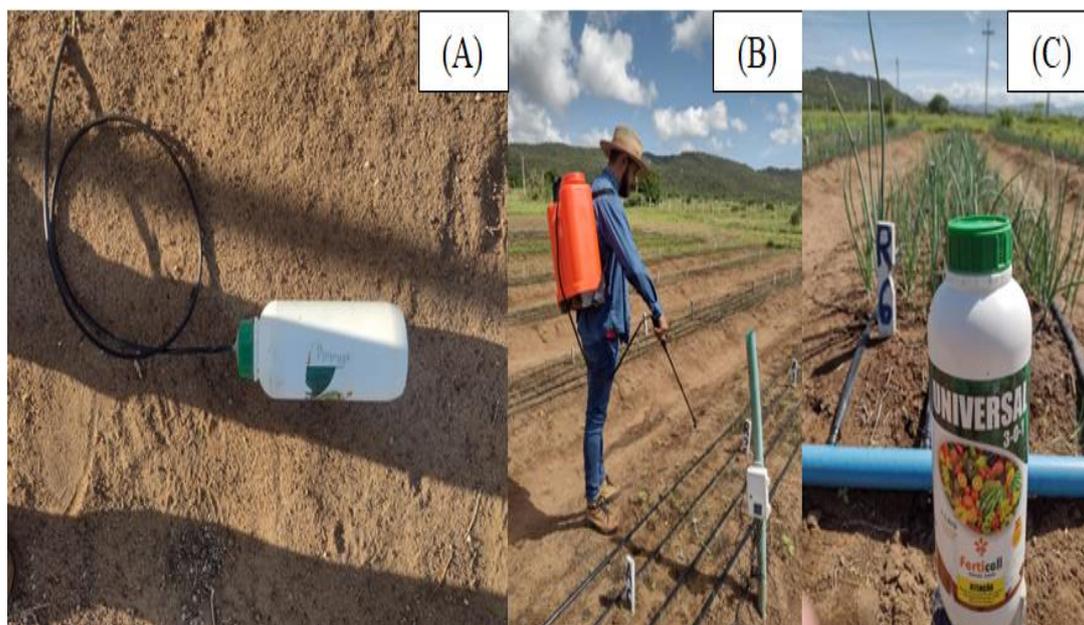


Figura 3. Recipiente a base de PET adaptado com micro-tubo para aplicação no solo (A), aplicação foliar realizada através de pulverizador costal pressurizado (B) e Ferticell Universal 3-0-1[®] (C) ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

As variáveis meteorológicas (temperatura - T, umidade relativa do ar – RH e precipitações) durante os dois ciclos de cultivo foram registradas diariamente ao longo do período experimental (Figuras 4A e B) em estação meteorológica automatizada

localizada a 335 metros da área experimental. A evapotranspiração de referência - ET_0 (Figura 4A) foi calculada de acordo com o método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (Allen et al., 2006), e irrigação aplicada durante os dois ciclos de cultivo (Figura 4C).

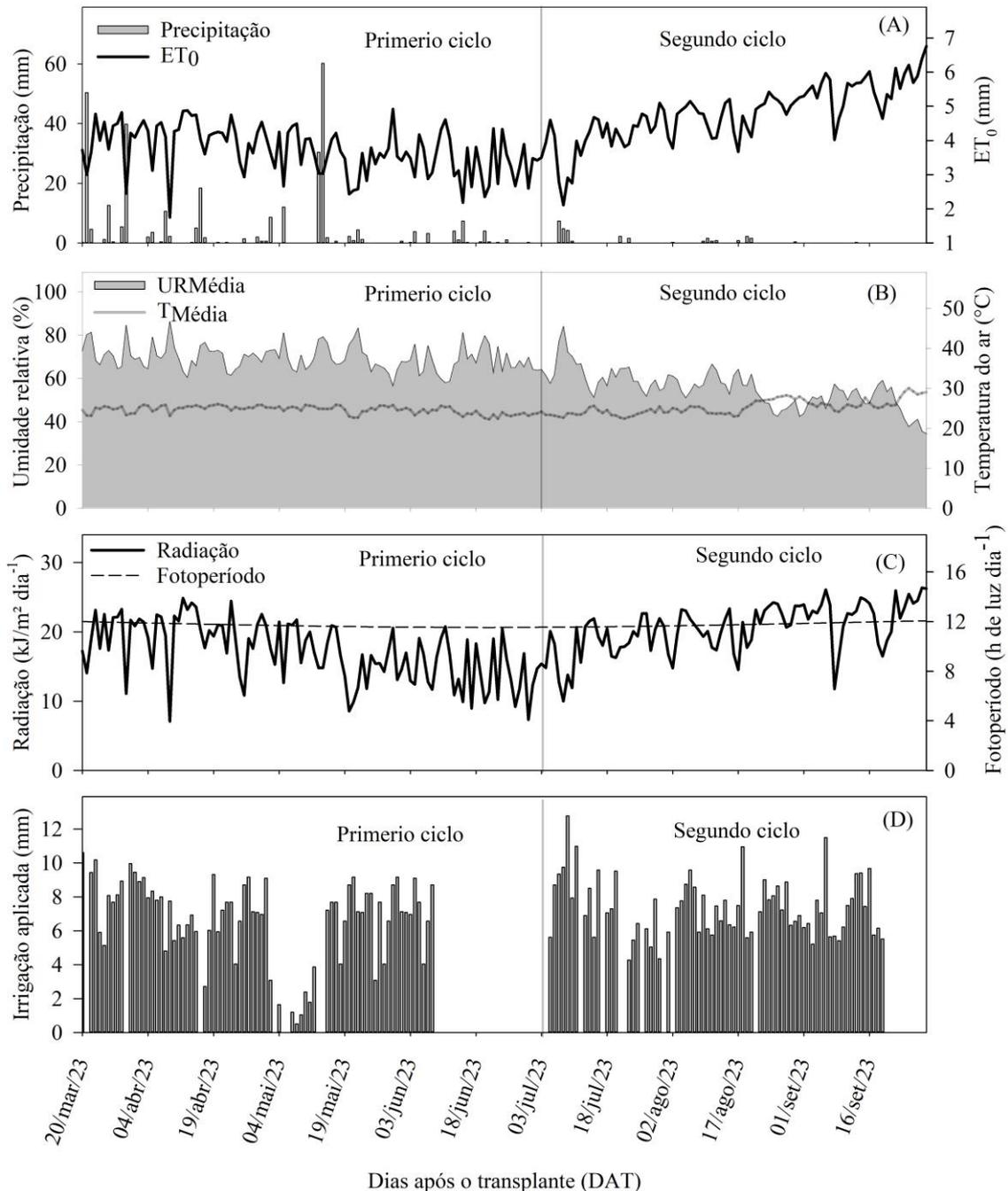


Figura 4. Variáveis climáticas observadas (A e B), radiação e fotoperíodo (C) e irrigação aplicada (D). Ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

Durante esse período, destacou-se as maiores lâminas de precipitação durante o primeiro ciclo, ocorrendo entre 1° e 11° e entre 55° e 57° dias após o transplante (DAT), com registro de 114,6 mm e 92,2 mm, respectivamente (Figura 4A). No primeiro ciclo foram registrados 306,4 mm de chuva, enquanto que no segundo ciclo a maior lâmina de precipitação ocorreu entre os 5 e 8 DAT, contabilizando 17 mm, registrando-se apenas 29,8 mm ao longo do ciclo; quanto à evapotranspiração de referência, as médias foram de 3,85 e 4,78 mm dia⁻¹, com valores máximos alcançando 5,02 e 6,76 mm dia⁻¹ (Figura 4A). A temperatura média no primeiro e segundo ciclo foi de 24,8 e 25,3°C, enquanto a umidade relativa média foi de 69,45 e 55,0 %, respectivamente (Figura 4B). O fotoperíodo médio durante o primeiro e segundo ciclo foi de 11,72 e 11,82 horas luz dia⁻¹; já a radiação média registrada durante esses mesmos períodos, foi 17,78 e 21,20 KJ/m² dia⁻¹.

Antes do preparo da área experimental, foram coletadas amostras do solo da área experimental para fins de análises físico-químicas. Uma amostra composta originou-se da mistura de cinco amostras distintas coletadas com um trado, abrangendo a camada de 0 - 30 cm para análises de textura granulométrica. Uma outra amostra composta, também oriunda de cinco amostras coletadas em pontos diferentes na camada de 0 - 20 cm de profundidade destinou-se a análise dos parâmetros de fertilidade (ver Tabelas 1).

As amostragens foram realizadas antes do início de cada ciclo de cultivo. As profundidades de amostragem do solo basearam-se nas características a serem investigadas, considerando a profundidade onde se concentra a maior parte do sistema radicular das plantas de cebola.

Tabela. 1. Resultados das análises física e química do solo da área experimental e da análise química da água de irrigação destinada ao cultivo experimental da cultura da cebola “IPA-10 e IPA-11”. – Serra Talhada – abril e agosto de 2023.

Caracterização físico-hídrica do solo									
Prof.	Ø	CC	Ds	Areia	Silte	Argila	CE-I	CE-II	
cm	%	% peso	g cm ⁻³		g kg ⁻¹		dS m ⁻¹		
0-30	48,0	14,0	1,39	809,24	105,69	85,07	0,85	1,50	
Caracterização química do solo durante o primeiro ciclo									
Profundidade	pH	M.O	V	H+Al	CTC	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
cm	----	g kg ⁻¹	%	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
0-20	6,7	8,8	75,1	1,8	7,3	0,54	3,7	1,21	0,04

	P	S-SO ₄ ²⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	B		
	-----mg dm ⁻³ -----								
	57,8	4,56	85,0	46,4	1,4	1,4	0,32		
Caracterização química do solo durante o segundo ciclo									
Profundidade	pH	M.O	V	H+Al	CTC	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
cm	----	g kg ⁻¹	%	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
	7,4	6,6	99,7	0,02	9,28	0,88	5,03	3,13	0,23
	P	S-SO ₄ ²⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	B		
0-20	-----mg dm ⁻³ -----								
	93,0	3,0	143,6	68,0	1,78	2,6	0,64		

Ø: porosidade total; Ds: densidade do solo; CE-I: condutividade eléctrica no primeiro ciclo; CE-II: condutividade eléctrica no segundo ciclo CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; M.O: matéria orgânica (método da mufla); CC: capacidade de campo; H+Al: hidrogénio + alumínio (acidez potencial); K⁺: potássio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na²⁺: sódio; P: fósforo; S: enxofre; Fe: ferro; Mn²⁺: manganês; Cu²⁺: cobre; Zn²⁺: zinco e B: boro.

O solo da área é classificado como Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico, com relevo plano e textura areia franca (Santos et al., 2018). A determinação da capacidade de campo do solo (CC%) e o conteúdo de água presente no solo (% do peso úmido do solo) foram determinados por meio da metodologia proposta por Fabian et al. (2000).

A preparação do solo e a construção dos canteiros (Figura 5E) foram realizadas manualmente, revolvendo-se o solo com auxílio de enxadas. Os canteiros foram feitos com 0,30 m de altura, 1,0 m de largura e 18,0 m de comprimento, espaçados 1,0 metro entre eles.

As sementes para o primeiro ciclo foram semeadas manualmente em área adjacente aos canteiros no dia 20/02/2023, já as sementes para o segundo ciclo foram semeadas no dia 03/06/2023 (Figura 5A e B). As mudas foram cultivadas seguindo práticas convencionais adotadas por Menezes et al. (2014) (Figura 5C e D).

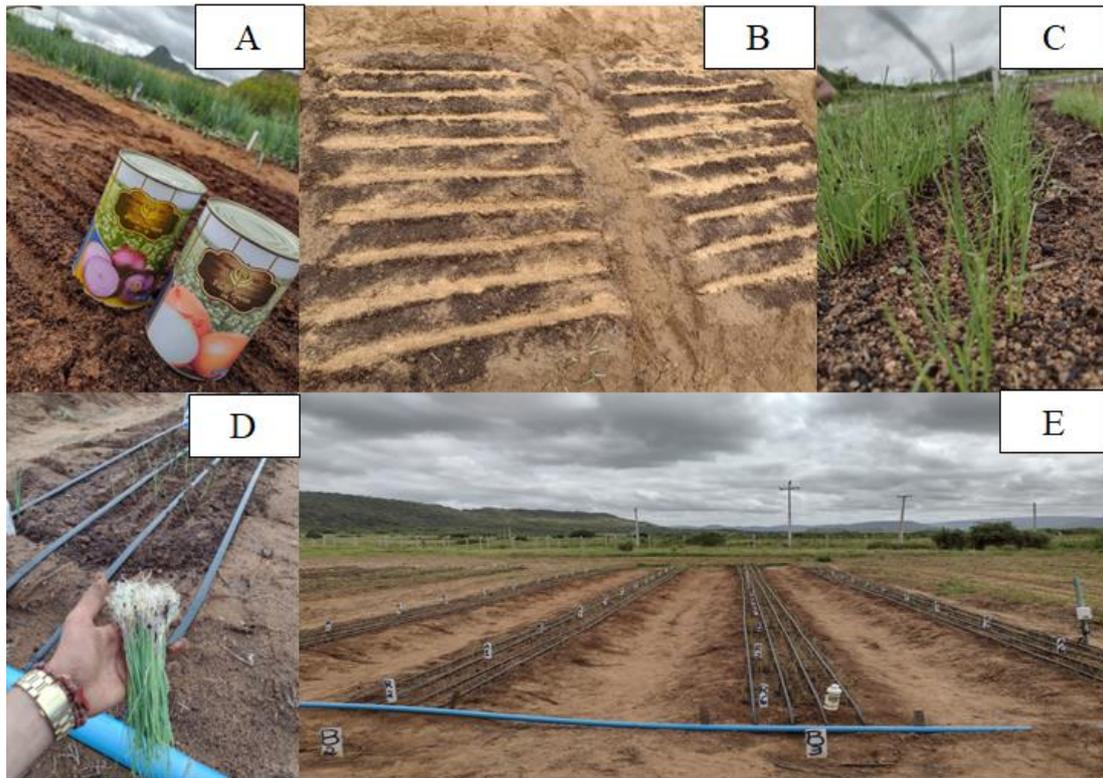


Figura 5. Lote de sementes (A); Área de sementeira (B); Mudas de cebola em crescimento (C); Transplante de mudas (D) e Canteiros instalados (E). Serra Talhada-PE, 2023.

As mudas foram transplantadas aos 23 dias após emergência (DAE), quando apresentaram o pseudocaule com diâmetro entre 4-8 mm, 4 folhas e uma altura média de 10 centímetros de altura, as mudas do primeiro ciclo foram transplantadas para os canteiros definitivos em 20/03/2023 e as do segundo ciclo foram transplantadas em 03/06/2023 (Figura 5D). O transplante foi realizado seguindo um espaçamento de fileiras duplas de 0,20 x 0,10 m, tanto entre as fileiras quanto entre as plantas, resultando em um total de oito fileiras de plantas por canteiro, correspondendo a um estande de 400.000 plantas por hectare (Figura 5 E).

As cultivares semeadas e transplantadas foram as de bulbos de coloração roxa (Franciscana IPA-10) e amarela (Vale Ouro IPA-11), ambas com ciclos variando de 110 a 130 dias da semeadura até a colheita e recomendadas para o cultivo na região Nordeste do Brasil.

A adubação mineral e orgânica, foram realizadas com base na análise química do solo (Tabela 1), nas exigências nutricionais da cultura e nas diretrizes do manual de adubação do estado de Pernambuco (Cavalcante, 2008).

A adubação fosfatada foi aplicada 60 dias antes do transplante das mudas, na quantidade de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto a adubação nitrogenada no solo foi realizada antes do transplante, na dosagem de 66,67 kg ha⁻¹ de N. Utilizou-se superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S) como fonte mineral de fósforo e ureia (45% de N) como fonte de nitrogênio. A aplicação foi feita manualmente, com a incorporação atingindo 10 cm de profundidade.

A adubação nitrogenada (N) de cobertura ocorreu por meio de fertirrigação realizada em 14 aplicações entre 5 e 40 DAT. A adubação com potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B) ocorreu em 8 aplicações, seguindo as recomendações para o cultivo de cebolas (Cavalcante, 2008; Kurtz et al., 2018). As quantidades totais aplicadas via fertirrigação foram de 120 kg ha⁻¹ de N, 45,0 kg ha⁻¹ de K₂O, 35 kg ha⁻¹ de S e 2,0 kg ha⁻¹ de B. As fontes de adubação utilizadas foram ureia (45% de N), cloreto de potássio (60% de K), sulfato de magnésio (9% de Mg e 14% de S) e ácido bórico (17% de B). A necessidade de matéria orgânica foi atendida com a aplicação de 20 t ha⁻¹ de esterco de caprino.

As práticas culturais englobaram capinas manuais durante todo o ciclo da cultura, bem como medidas fitossanitárias. Essas medidas incluíram a aplicação de produtos fitossanitários devidamente registrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme a identificação e avaliação dos danos econômicos causados por insetos-praga e doenças.

De acordo com as informações fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco, que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das cultivares utilizadas, e levando em consideração condições normais de cultivo, juntamente com a aplicação das tecnologias recomendadas, é estimado que a produção de bulbos alcance 25.000 kg/ha (Candeia, 2024).

A demanda hídrica das plantas foi suprida diariamente por meio de um sistema de irrigação por gotejamento (Figura 6 A). Foram coletadas amostras da água utilizada na irrigação para análise físico-química, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela. 2. Análise da água utilizada na irrigação da cebola durante os ciclos de cultivo entre março e setembro de 2023 – Serra Talhada – PE, dez de 2023.

Propriedades da água de irrigação									
CE	pH	Dureza-CaCO ₃			B	Cu	Mn	Fe	Zn
dS m ⁻¹	-----	-----mg L ⁻¹ -----							
1,68	6,63	610,5			0,129	0,019	0,04	< LQ	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CO ₃ ²⁻	NaHCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	RAS	
-----mmol _c L ⁻¹ -----									
5,8	6,3	0,30	2,04	0,00	3,90	11,6	0,09	0,83	

CE: condutividade elétrica; K⁺: potássio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na²⁺: sódio; P: fósforo; S: enxofre; Fe: ferro; Mn²⁺: manganês; Cu²⁺: cobre; Zn²⁺: zinco e B: boro; CaCO₃: carbonato de cálcio; CO₃²⁻: carbonato; NaHCO₃: bicarbonato de sódio; Cl⁻: cloreto; SO₄²⁻: sulfato; RAS: razão de adsorção de sódio e <LQ: menor que o limite de qualificação.

A água utilizada durante as irrigações nos ensaios da cebola apresenta uma alta salinidade, classificando-se como C₃S₁ apresentando condutividade elétrica (CE) de 1,68 dS m⁻¹ (Tabela 2). A distribuição da água foi realizada por um sistema de irrigação com quatro linhas laterais de fitas gotejadoras com 16 mm de diâmetro, espaçadas a cada 20 cm e posicionadas entre as fileiras de plantio de cada canteiro. Os gotejadores na fita são espaçados a cada 20 cm, com vazão de 1,6 L h⁻¹, sob pressão de 100 kPa. A eficiência desse sistema ao longo dos dois ciclos de cultivo iniciou-se com 99% e encerrou-se em torno de 85%, em razão das características da qualidade da água utilizada para irrigação e dos adubos aplicados.

O cálculo da quantidade de água necessária para irrigação foi baseado na umidade do solo, monitorada por sensores do tipo FDR, dispostos em três profundidades (0,10, 0,20 e 0,30 m) em dois pontos da área experimental (Figura 6B e C). Isso possibilitou o manejo da irrigação mantendo-se o conteúdo de água no solo sempre próxima da capacidade de campo. O programa de irrigação começou após o transplante das mudas e finalizou aos 81 DAT, aplicando-se uma lâmina de irrigação total de 491,26 e 527,10 mm ao longo do primeiro e segundo ciclo (Figura 4C). Essas duas lâminas de irrigação total resultaram em uma adição de 5.282 kg/sal/ha ao solo no primeiro ciclo e 5.667 kg/sal/ha no segundo ciclo.

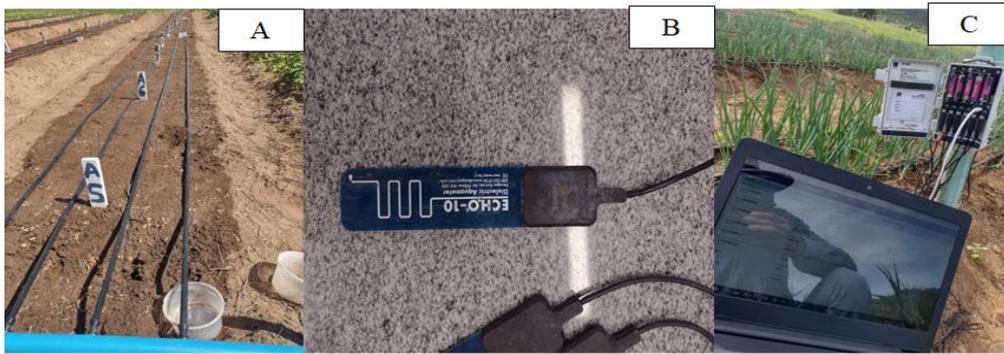


Figura 6. Sistema de irrigação (A), sensores FDR (B) e coleta de dados (C) ao longo de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

5.4 Dados coletados

O crescimento das plantas de cebola foi monitorado a partir das fileiras centrais, de modo a evitar quaisquer influências advindas de bordadura. Em cada parcela experimental, cinco plantas foram selecionadas de maneira aleatória e marcadas nas linhas centrais. Estas plantas foram acompanhadas ao longo do período de crescimento por 46 DAT, que corresponde à fase vegetativa da cultura (caracterizada como de crescimento rápido das folhas, onde novas folhas continuam sendo produzidas até o início da bulbificação). Altura da planta e número de folhas foram registrados durante este período como parâmetros de crescimento.

A colheita dos bulbos do primeiro ciclo ocorreu em 16 de junho de 2023 e do segundo ciclo foi realizada em 29 de setembro de 2023, quando 90% das plantas estavam em estágio fisiologicamente maduro 90 DAT, caracterizado pelo declínio das folhas (Figura 7A e B). Para a coleta dos bulbos, foram aleatoriamente selecionadas 20 plantas das quatro fileiras centrais, evitando-se as bordas das parcelas (Figura 7C). Os bulbos foram posteriormente submetidos a um processo de cura em laboratório à temperatura ambiente variando entre (25 e 30°C), que se estendeu por 10 dias. Após a cura, os bulbos foram pesados e medidos para caracterização dos componentes de rendimento e qualidade.

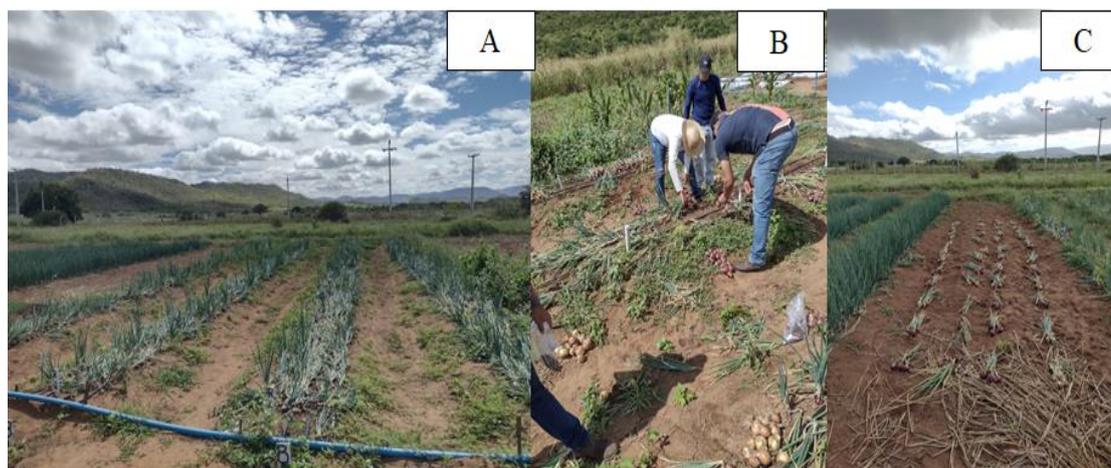


Figura 7. Estalo (A), colheita (B) e plantas separadas (C) de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

5.4.1 Parâmetros de crescimento

Os dados referentes a altura das plantas foram coletados durante cinco campanhas biométricas, utilizando trena graduada, durante os 43 DAT, período correspondente a fase “adulta ou de planta”, caracterizada como de crescimento relativamente rápido das folhas. Durante este período de 43 DAT, novas folhas foram sendo produzidas até o início da bulbificação; uma vez iniciada a fase de crescimento de bulbo, tem-se a paralisação do crescimento das folhas. Ao fim dos 43 DAT contou-se manualmente o número de folhas emitidas pelas plantas.

5.4.2 Parâmetros de rendimento

Foram analisados o peso médio dos bulbos (em gramas), produção total de bulbos (em kg ha⁻¹) e a produção de bulbos de acordo com os padrões mínimos de qualidade comercial estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil (Brasília, 1995), classificando-se os bulbos de acordo com os seguintes critérios: Classe 1 - bulbos com diâmetro inferior a 35 mm e sem qualidade para comercialização (não comercializáveis); Classe 2- bulbos com diâmetro entre 35-50 mm; Classe 3- bulbos com diâmetro entre 51-70 mm; e Classe 4- bulbos com diâmetro entre 71-90 mm (Figura 8).



Figura 8. Pesagem e classificação comercial de dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

5.4.3 Características físico-química dos bulbos

A firmeza dos bulbos foi medida em Newtons (N) utilizando um penetrômetro de bancada modelo IMPAC 100 Kg IP-90COM[®], com ponta de 10 mm de diâmetro e uma profundidade de penetração de 7 mm (Figura 9A). As leituras foram realizadas na porção média equatorial de três bulbos escolhidos aleatoriamente em dois pontos equidistantes, em lados opostos, após a remoção da túnica seca dos bulbos.

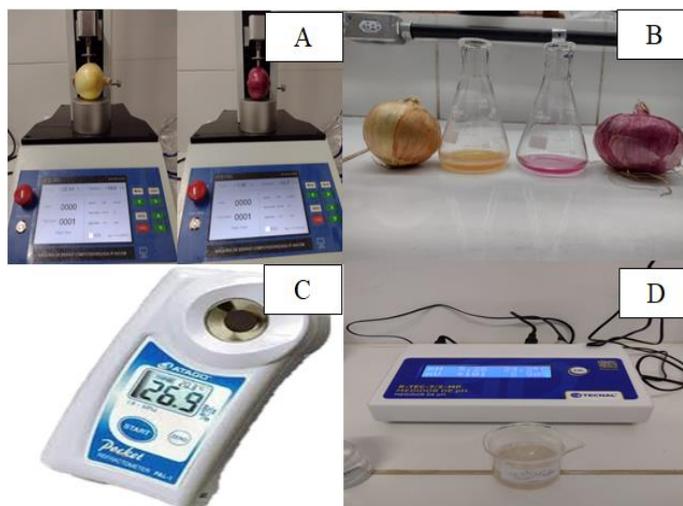


Figura 9. Determinação da firmeza dos bulbos (A), acidez titulável (B), teores de sólidos solúveis (C) e pH (D), após dois ciclos de cultivo das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11. Serra Talhada-PE, 2023.

Para a determinação da acidez titulável, conteúdo de sólidos solúveis e do pH, os bulbos de cebola foram triturados em um liquidificador até formar um suco. A acidez

titulável foi medida conforme o método de Astello-García et al. (2015), utilizando uma alíquota de 1 mL do suco dos bulbos dissolvido em 10 mL de água desmineralizada pura, a qual foram adicionadas três gotas de fenolftaleína a 1%. Em seguida, realizou-se a titulação até o ponto de viragem utilizando uma solução padronizada de NaOH (0,1N) (Figura 9B).

Os teores de sólidos solúveis foram determinados diretamente, utilizando cerca de 1 mL do suco dos bulbos, por meio de um refratômetro digital DBR45 (índice de refração de 1,3330-1,4098), com compensação automática de temperatura (Figura 9C). O pH foi medido diretamente utilizando 10 mL do suco dos bulbos, com auxílio de um potenciômetro de bancada modelo R-TEC-7/2-MP® (Figura 9D).

5.4.4 Avaliação de íons cloreto, potássio e sódio nas plantas

Para a obtenção dos quantitativos de íons cloreto, potássio e sódio, foram coletadas duas plantas de cebolas, secadas em estufa a 60°C até atingir peso constante. Em seguida, amostras das folhas e dos bulbos foram separadas e trituradas em um moinho de facas. Amostras de 50 mg do material seco foram coletadas para determinar os teores de cloreto na parte aérea e nos bulbos, seguindo o método de Malavolta et al. (1997). Esse método utiliza cromato de potássio como solução indicadora e nitrato de prata para titulação.

A determinação dos teores de sódio e potássio também foi realizada de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997). Uma amostra de 50 mg do material seco foi incubada em 10 mL de água ultrapura e fervida em banho-maria a 100 °C por 1 hora. Após esse processo, os extratos foram filtrados em papel filtro e submetidos ao procedimento de fotometria de chama para determinar os teores de Na⁺ e K⁺. Esses teores foram estimados com base em curvas padrão de cada elemento (NaCl e KCl), cujos valores pode variar de 0 a 1000 µM.

5.4.5 Pigmentos fotossintéticos nas folhas

As análises foram conduzidas utilizando amostras de folhas coletadas durante o início da bulbificação. As amostras foram coletadas diretamente no campo, imediatamente acondicionadas em uma caixa refrigerada e transportadas para o Laboratório de Análise Vegetal. Foram coletadas cinco plantas em cada unidade experimental, selecionando a folha mais alta no 47 DAT. No laboratório, foram

extraídos 0,2 g do material vegetal fresco. A extração foi realizada em tubos de ensaio contendo 10 mL de álcool (95%) e as amostras foram mantidas em repouso a 4 °C por 48 horas.

Após a extração, as concentrações de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila total (Chl a+b) e carotenoides (Car) foram estimadas de acordo com o método de Lichtenthaler (1987), utilizando um espectrofotômetro para medir os valores de absorvância a 470, 648 e 664 nm.

5.5 Tratamentos dos dados e análise estatística

Os dados foram submetidos a uma análise de normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5%, bem como realizou-se a avaliação da homogeneidade também a um nível de significância de 5%; em seguida foi realizado uma análise de variância, utilizando o teste F ($p < 0,05$). Quando foi observada significância estatística, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey à 5% de probabilidade. Além disso, foi realizada análise de regressão quando identificado efeito das doses de bioestimulante.

Os critérios de seleção dos modelos incluíram parâmetros biológicos, significância dos coeficientes de regressão estimados e os valores do coeficiente de determinação (R^2). Para a comparação entre o tratamento controle (dose aplicada via foliar) e as diferentes doses aplicadas via solo, foi utilizado o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Para analisar os dados ao longo do tempo, foram aplicados modelos matemáticos sigmóides de quatro parâmetros. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2023), enquanto o software SigmaPlot versão 14.0 (Systat Software, Inc.) foi utilizado para ajustar as curvas de regressão e confecção dos gráficos.

6 RESULTADOS

6.1 Parâmetros de crescimento

As cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 apresentaram um padrão de crescimento semelhante, inicialmente lento [até a estabilização do stand de plantas no campo (10 DAT)], alcançando, no período de máxima eficiência (entre os 15 e 25 DAT)), uma taxa de crescimento de $1,0 \text{ cm dia}^{-1}$, com a aplicação da dose de (4 mL L⁻¹

¹). Após os 30 DAT, houve uma diminuição média significativa na taxa de crescimento das plantas durante o primeiro ciclo, na ordem de 20,20% na IPA – 10 e de 29,49% na IPA – 11 (Figuras 10A e B), resultado que se repetiu no segundo ciclo (23,70 e 29,70%), em comparação com as demais doses aplicadas (Figuras 10C e D).

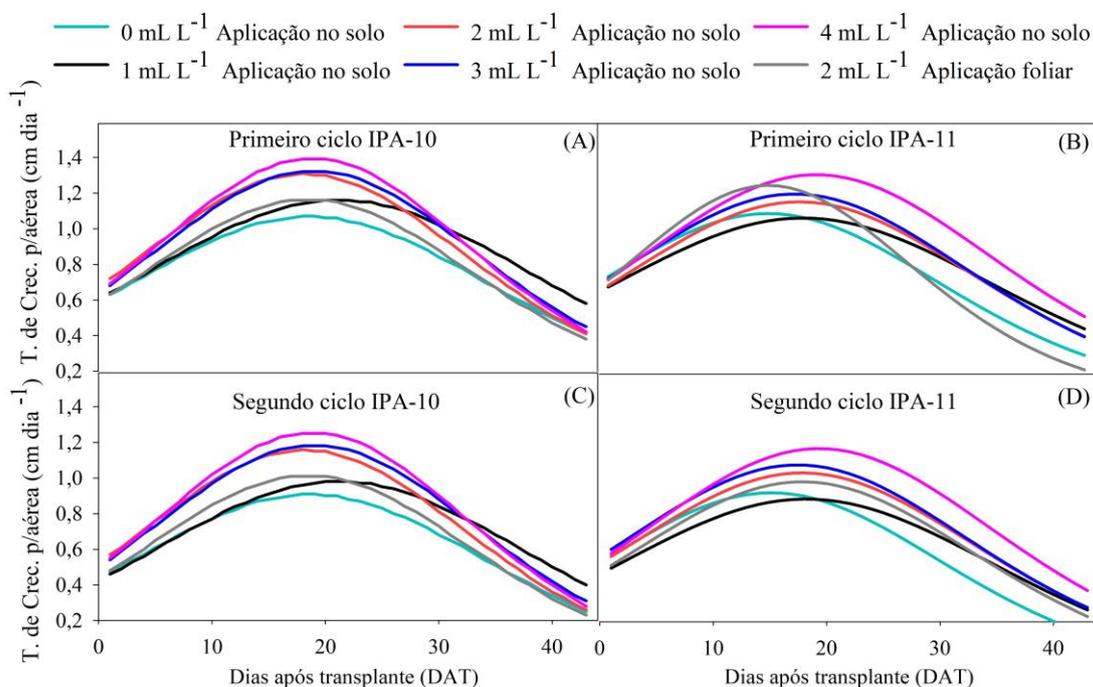


Figura 10. Taxas de crescimento da parte aérea (cm dia^{-1}) durante a fase vegetativa das cultivares de cebola IPA-10 (A e C) e IPA-11 (B e D), 11 submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante.

Nas Figuras 11A observa-se um padrão semelhante entre as cultivares em relação ao número de folhas produzidas durante a fase vegetativa no primeiro ciclo. Em ambas as cultivares (IPA-10 e IPA-11), a dose de 4 mL L^{-1} resultou em maior número médio de folhas em comparação com o tratamento que não recebeu bioestimulante [0 mL L^{-1} (20 e 16,6%)] e ao tratamento controle (2 mL L^{-1} via foliar), durante o primeiro ciclo.

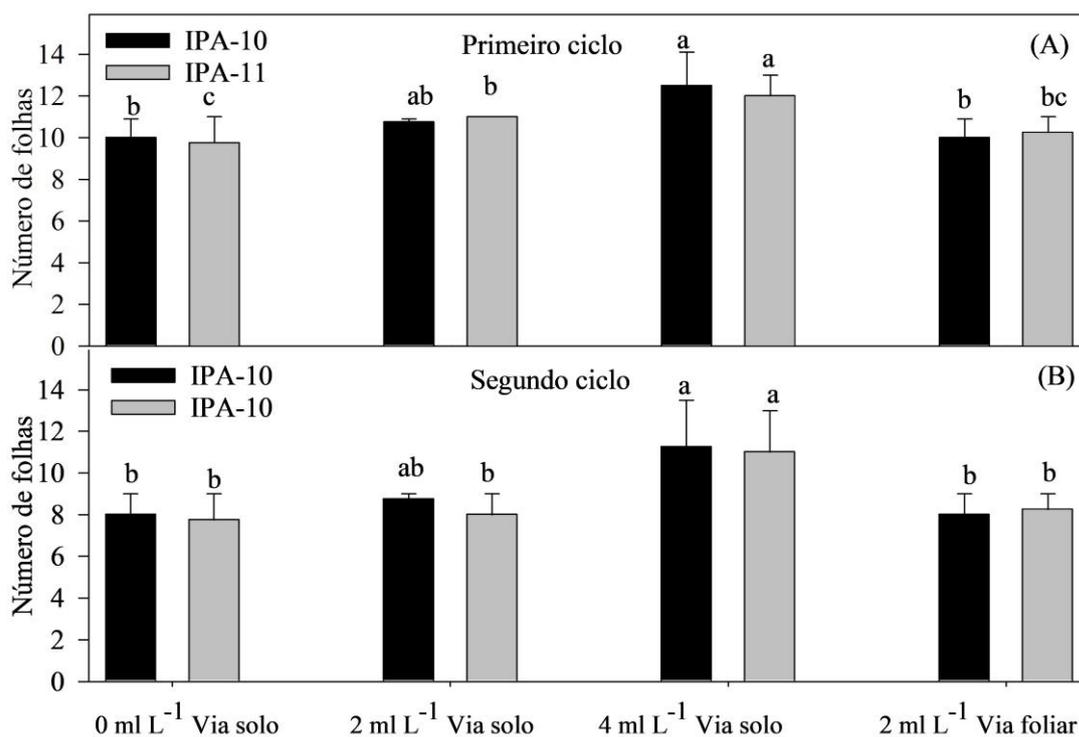


Figura 11. Quantidade de folhas emitidas pelas plantas de cebola IPA-10 e IPA-11 (A e B) 11 submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.

Estes resultados se repetiram no segundo ciclo (Figuras 11B), com a dose aplicada de 4 mL L⁻¹ também resultando numa produção de um maior número médio de folhas em comparação com o tratamento onde não houve a aplicação de bioestimulante (27,27% acima) e aquele considerando “dose controle” (28,88% acima).

6.2 Parâmetros do rendimento

Não se constatou efeito de interação entre as cultivares IPA-10 e IPA-11 e as diferentes doses de bioestimulante para peso médio dos bulbos e produtividade total (Figuras 12A-D).

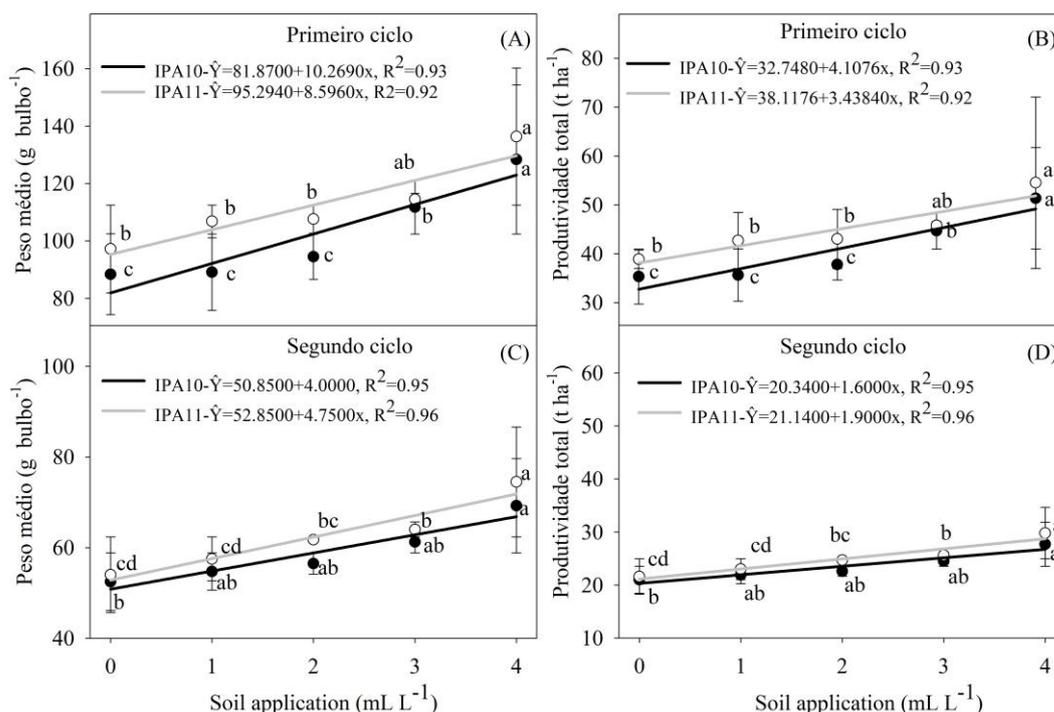


Figura 12. Peso médio dos bulbos (g bulbo⁻¹) (A e C) e produtividade total (t ha⁻¹) (B e D) das variedades de cebola IPA-10 e IPA-11 submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.

As doses de bioestimulantes aplicadas no solo tiveram um impacto significativo tanto no peso médio dos bulbos, quanto na produtividade total em ambas as cultivares. Na cultivar IPA-10, a dose 4 mL L⁻¹ resultou num aumento de 25,11% no peso médio dos bulbos e na produtividade total em relação às demais doses aplicadas ao solo durante o primeiro ciclo (Figuras 12A e B). No segundo ciclo a aplicação desta mesma dose de bioestimulante (4 mL L⁻¹) resultou em um aumento de 24,18% no peso médio dos bulbos e na produtividade total em relação ao tratamento testemunha (0 mL L⁻¹ de bioestimulante) (Figuras 12C e D).

A dose 3 e 4 mL L⁻¹ de bioestimulante resultam em um aumento significativo (9,27 e 23,81%) no peso médio dos bulbos e na produtividade total em relação às doses 0, 1 e 2 mL L⁻¹ aplicadas ao solo, durante o primeiro ciclo da cultivar IPA-11 (Figuras 12A e B). Já no segundo ciclo a dose 4 mL L⁻¹ resultou em um aumento significativo

(20,40%) no peso médio dos bulbos e na produtividade total em relação às demais doses aplicadas ao solo (Figuras 12C e D).

A aplicação da dose de 4 mL L⁻¹ de bioestimulante via solo, resultou num peso médio dos bulbos na IPA-10, no primeiro ciclo, de 128,36 g bulbo⁻¹, reduzindo, no segundo ciclo para 69,25 g bulbo⁻¹; esta mesma dose resultou em um rendimento semelhante na cultivar IPA-11, cujos pesos médios dos bulbos atingiram 134,4 e 74,50 g bulbo⁻¹, em primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

Esses resultados projetam uma produtividade estimada de 51,34 t ha⁻¹ para a variedade IPA-10 e 54,53 t ha⁻¹ para a cultivar IPA-11 durante o primeiro ciclo. Já no segundo ciclo, a produtividade projetada foi de 27,70 t ha⁻¹ para a IPA-10 e 28,80 t ha⁻¹ para a cultivar IPA-11. Em comparação com o primeiro ciclo, no segundo ciclo observou-se uma redução na produtividade de 46,04% para a IPA-10 e 47,18% para a cultivar IPA-11.

Ao comparar os tratamentos aplicados no solo com o controle, constatou-se que a aplicação das doses 0 e 2 mL L⁻¹ aplicadas via solo resultaram em uma produtividade total menor (11,35%) em relação à dose de controle, exceto as doses 4 mL L⁻¹, que acarretaram em uma produtividade total superior (24,46%), para a cultivar IPA-10 durante o primeiro ciclo (Figura 13A).

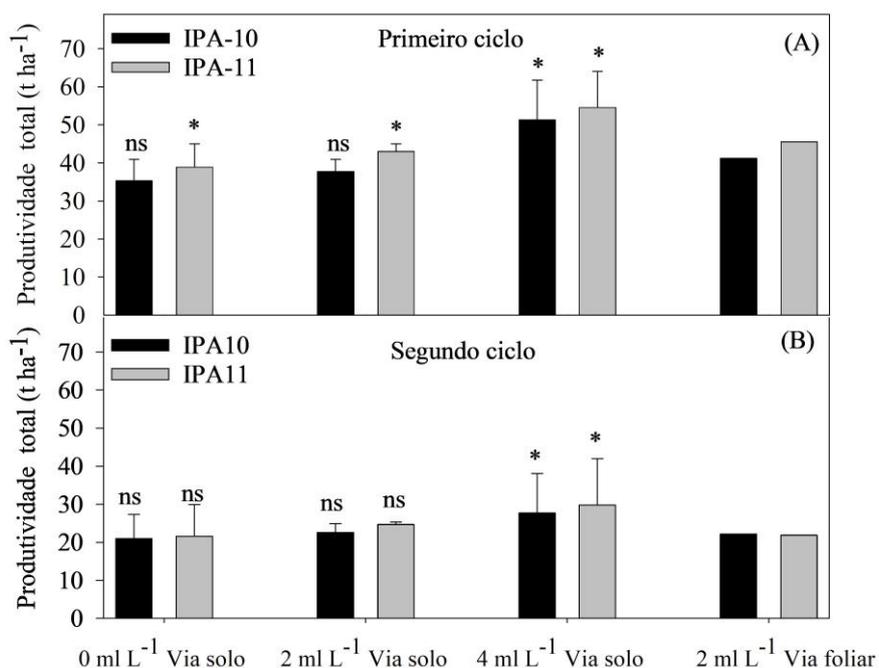


Figura 13. Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L⁻¹ aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, considerando as cultivares de cebola

IPA-10 e IPA-11 (A e B), submetidas à irrigação com água salina em diferentes doses de bioestimulante. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.

No segundo ciclo apenas dose 4 mL L⁻¹ aplicadas via solo, que acarretou em uma produção superior (20,48%), em relação à dose de controle, para a cultivar IPA-10 (Figura 13B). Em ambos os ciclos da cultivar IPA-11, apenas dose 4 mL L⁻¹ aplicadas via solo, que acarretou em uma produção superior (24,77 e 36,07%), em relação à dose controle, respectivamente.

Constatou-se que a dose de 4 mL L⁻¹ também resultou em incrementos substanciais na produtividade total de bulbos no primeiro e segundo ciclo, registrando aumentos de 105,36% e 10,80% para a IPA-10, e de 118,12% e 19,20% para a IPA-11, respectivamente, em comparação com a perspectiva de produtividade estimada pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA (25.000 Kg/ha), sob condições normais de cultivo.

Na avaliação do rendimento comercial (Figuras 14A, B, C e D), a classificação dos bulbos segundo a classe de tamanho é outro indicador da qualidade de produção alcançada. É perceptível que a dosagem de 4 mL L⁻¹, via solo, resultou em uma maior quantidade de bulbos comerciais incluída na Classe 3 para a cultivar IPA-10 durante o primeiro (60,0%) e segundo ciclo (61,25%), em relação as demais doses (Figuras 14A e C).

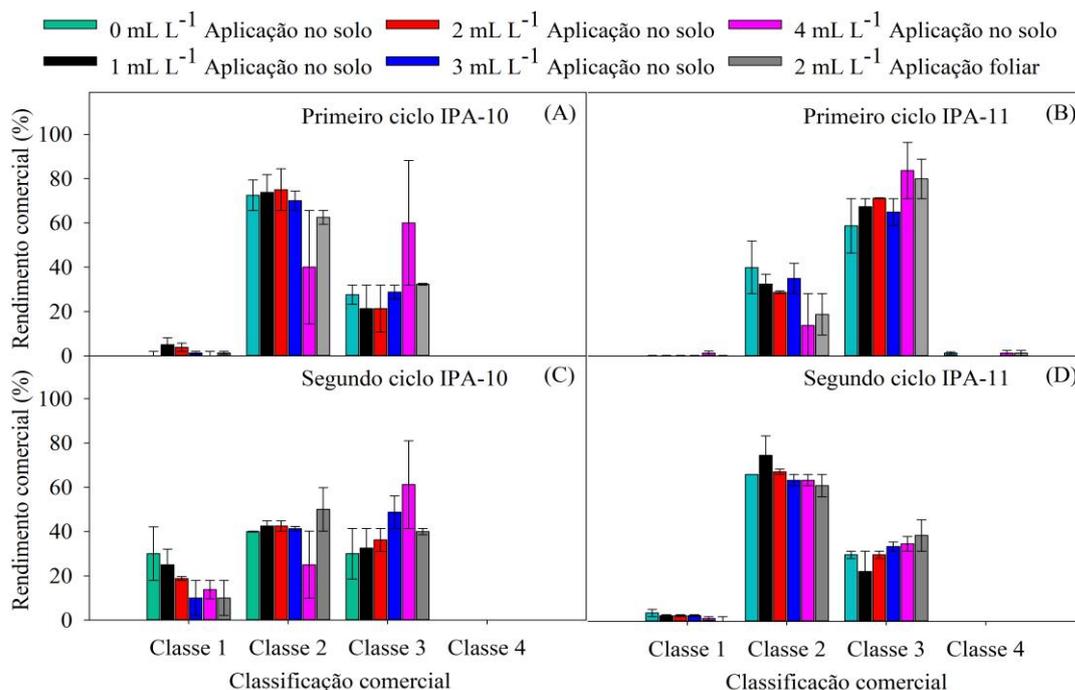


Figura 14. Rendimento comercial das variedades de cebola IPA-10 (A e C) e IPA-11 (B-D) submetidas à irrigação com água salina sob diferentes doses e métodos de aplicação de bioestimulante. As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados.

Para a cultivar IPA-11, em ambos os ciclos, a dose controle de 2 mL L⁻¹ e a dose de 4 mL L⁻¹, ambas aplicadas via solo, resultaram em uma quantidade maior de bulbos comerciais que se incluíram na Classe 3, tanto no primeiro ciclo (80,02% e 83,7%), quanto no segundo (35,0 e 38,7%), quando comparado com as demais doses (Figuras 14B e D). Independentemente da dose de bioestimulante aplicada, o enquadramento dos bulbos de cebolas na categoria comercial Classe 1 apresentou-se baixo para ambas as cultivares.

6.3 Características físico-químicas (firmeza do bulbo, acidez titulável, sólidos solúveis e potencial de hidrogênio)

Não foram identificadas alterações estatisticamente significativas ($p > 0,05$) para os parâmetros de firmeza dos bulbos, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e potencial de hidrogênio (pH) das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 (Tabela 3). Ou seja, os tratamentos aplicados não promoveram mudanças significativas nas características físico-químicas dos bulbos de cebola das cultivares IPA-10 e IPA-11.

Tabela 3. Variáveis físico-químicas das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 irrigadas com água salina sob diferentes doses de bioestimulante.

Primeiro ciclo								
	Firmeza (N)		SS (Brix°)		AT (%)		pH	
Doses (mL L ⁻¹)	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11
0-via solo	60 ^{ns}	65 ^{ns}	10,3 ^{ns}	9,6 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,65 ^{ns}	5,38 ^{ns}	5,50 ^{ns}
1-via solo	61 ^{ns}	61 ^{ns}	10,3 ^{ns}	9,9 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,65 ^{ns}	5,28 ^{ns}	5,39 ^{ns}
2-via solo	50 ^{ns}	63 ^{ns}	10,0 ^{ns}	9,9 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,65 ^{ns}	5,42 ^{ns}	5,32 ^{ns}
3-via solo	62 ^{ns}	63 ^{ns}	10,3 ^{ns}	9,7 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,65 ^{ns}	5,33 ^{ns}	5,35 ^{ns}
4-via solo	63 ^{ns}	69 ^{ns}	10,1 ^{ns}	9,6 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,66 ^{ns}	5,32 ^{ns}	5,36 ^{ns}
2-via foliar	62 ^{ns}	62 ^{ns}	9,25 ^{ns}	10,0 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,68 ^{ns}	5,68 ^{ns}	5,68 ^{ns}
p-valor	0,20	0,33	0,32	0,56	0,25	0,11	0,20	0,41
Segundo ciclo								
	Firmeza (N)		SS (Brix°)		AT (%)		pH	
Doses (mL L ⁻¹)	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11
0-via solo	52 ^{ns}	57 ^{ns}	9,0 ^{ns}	9,2 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,55 ^{ns}	5,34 ^{ns}	5,42 ^{ns}
1-via solo	52 ^{ns}	57 ^{ns}	8,5 ^{ns}	9,2 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,53 ^{ns}	5,24 ^{ns}	5,31 ^{ns}
2-via solo	50 ^{ns}	52 ^{ns}	8,9 ^{ns}	9,0 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,54 ^{ns}	5,38 ^{ns}	5,24 ^{ns}
3-via solo	42 ^{ns}	55 ^{ns}	8,8 ^{ns}	9,1 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,54 ^{ns}	5,29 ^{ns}	5,27 ^{ns}
4-via solo	54 ^{ns}	69 ^{ns}	9,9 ^{ns}	9,1 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,54 ^{ns}	5,26 ^{ns}	5,28 ^{ns}
T-2-via foliar	55 ^{ns}	60 ^{ns}	9,0 ^{ns}	9,1 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,54 ^{ns}	5,28 ^{ns}	5,25 ^{ns}
p-valor	0,20	0,33	0,54	0,25	0,59	0,51	0,63	0,73

p-valor: indica a probabilidade de se observar uma diferença tão grande ou maior do que a que foi observada sob a hipótese nula. As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação as doses e ao controle (2 mL L⁻¹ via foliar), pelo teste de Dunnett (p<0,05) e Tukey (p<0,05), entre as doses aplicadas via solo e a dose controle (2 mL L⁻¹ via foliar), N-Newton; SS-sólidos solúveis; AT-acidez titulável e pH-potencial de hidrogênio.

6.4 Avaliação de íons potássio e sódio

Constatou-se uma resposta positiva da cultivar IPA-11 em relação ao conteúdo de potássio (K⁺) acumulado nas folhas com a aplicação de 4 mL L⁻¹ de bioestimulante, que resultou em um incremento significativo do conteúdo de potássio (K⁺) na parte área da planta no primeiro ciclo (27,27%), em relação a dose 0 mL L⁻¹ (Figura 15A). Por outro lado, a cultivar IPA-10 não apresentou diferenças significativas no teor de K⁺ presente nas folhas para as diferentes doses aplicadas (Figura 15A).

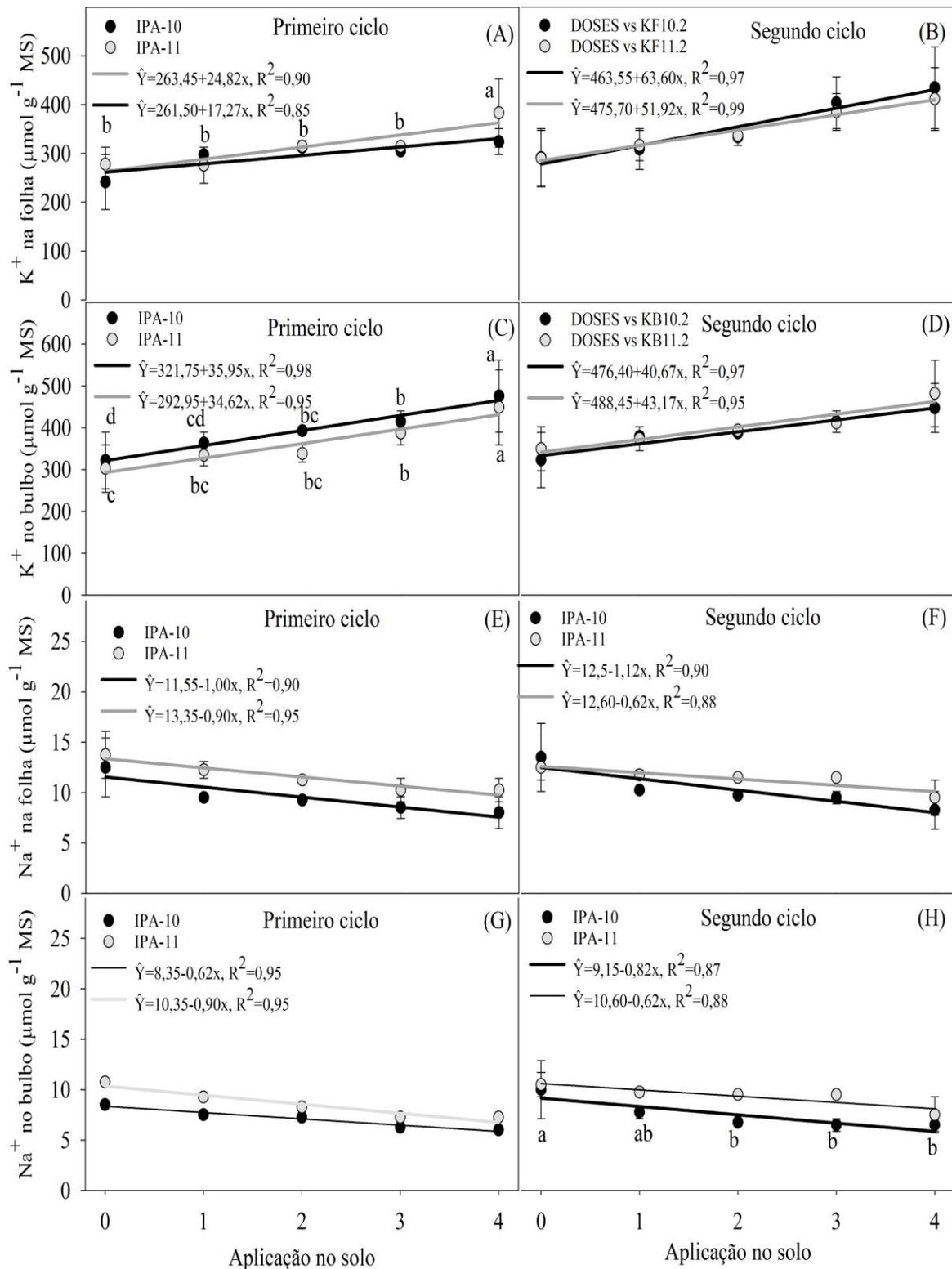


Figura 15. Conteúdo de potássio (K⁺) nas folhas no primeiro ciclo (A e B), conteúdo de potássio (K⁺) no bulbo no primeiro ciclo (C e D), e conteúdo de sódio (Na⁺) nas folhas no segundo ciclo (E e F) e conteúdo de sódio (Na⁺) nos bulbos no segundo ciclo (G e

H). As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.

Em relação aos níveis de potássio (K^+) nos bulbos de ambas as cultivares, foi observado que a aplicação da dose de 4 mL L^{-1} resultou em um aumento significativo na absorção deste elemento durante o primeiro ciclo, tanto para a cultivar IPA-10 (32,36%) quanto à cultivar IPA-11 (32,63%), em comparação com a ausência de aplicação (0 mL L^{-1}) (Figura 15C).

Durante o segundo ciclo, não foram observadas diferenças significativas entre as médias das diferentes doses de bioestimulantes aplicadas em relação ao teor de potássio (K^+) acumulado tanto nas folhas quanto nos bulbos das plantas de cebola, em ambas as cultivares (Figura 15B e D).

Os resultados também indicaram a ausência de diferenças significativas entre as médias das diferentes doses de bioestimulantes aplicadas em relação ao teor de sódio (Na^+) tanto nas folhas quanto nos bulbos das plantas de cebola, em ambas as cultivares, durante o primeiro ciclo (Figura 15E).

Durante o segundo ciclo, esses resultados persistiram apenas para a cultivar IPA-11 (Figura 15F e H). No entanto, na cultivar IPA-10, foi observada uma diminuição significativa da acumulação de sódio (Na^+) nos bulbos conforme a concentração das dosagens de bioestimulante foram aumentando. Especificamente, na ausência de aplicação (0 mL L^{-1}), houve um aumento deste elemento nos bulbos na ordem de 35 % em comparação com os teores de sódio encontrados nos bulbos desta cultivar com a aplicação de 4 mL L^{-1} (Figura 15E).

Na comparação entre os tratamentos aplicados no solo e o controle, não foram observadas diferenças significativas na concentração de potássio (K^+) nas folhas de ambas as cultivares durante o primeiro e segundo ciclo (Figura 16A e B). Contudo, a concentração de K^+ nos bulbos das cultivares IPA-10 e IPA-11 aumentou de forma significativa com a aplicação da dose de 4 mL L^{-1} em comparação com o controle durante o primeiro ciclo (22,64% para IPA-10 e 22,44% para IPA-11) (Figura 16C), enquanto no segundo ciclo não houve diferença significativa entre as doses aplicadas ao solo e o controle (Figura 16D).

Em relação ao teor de sódio (Na^+) apresentado nas folhas, foi observado que as plantas sem a aplicação do bioestimulante (dose 0 mL L^{-1}) apresentaram um aumento

significativo na acumulação de sódio (Na^+) durante o primeiro ciclo (22,00%), comparado ao controle, evidenciado apenas na cultivar IPA-10 (Figura 16E).

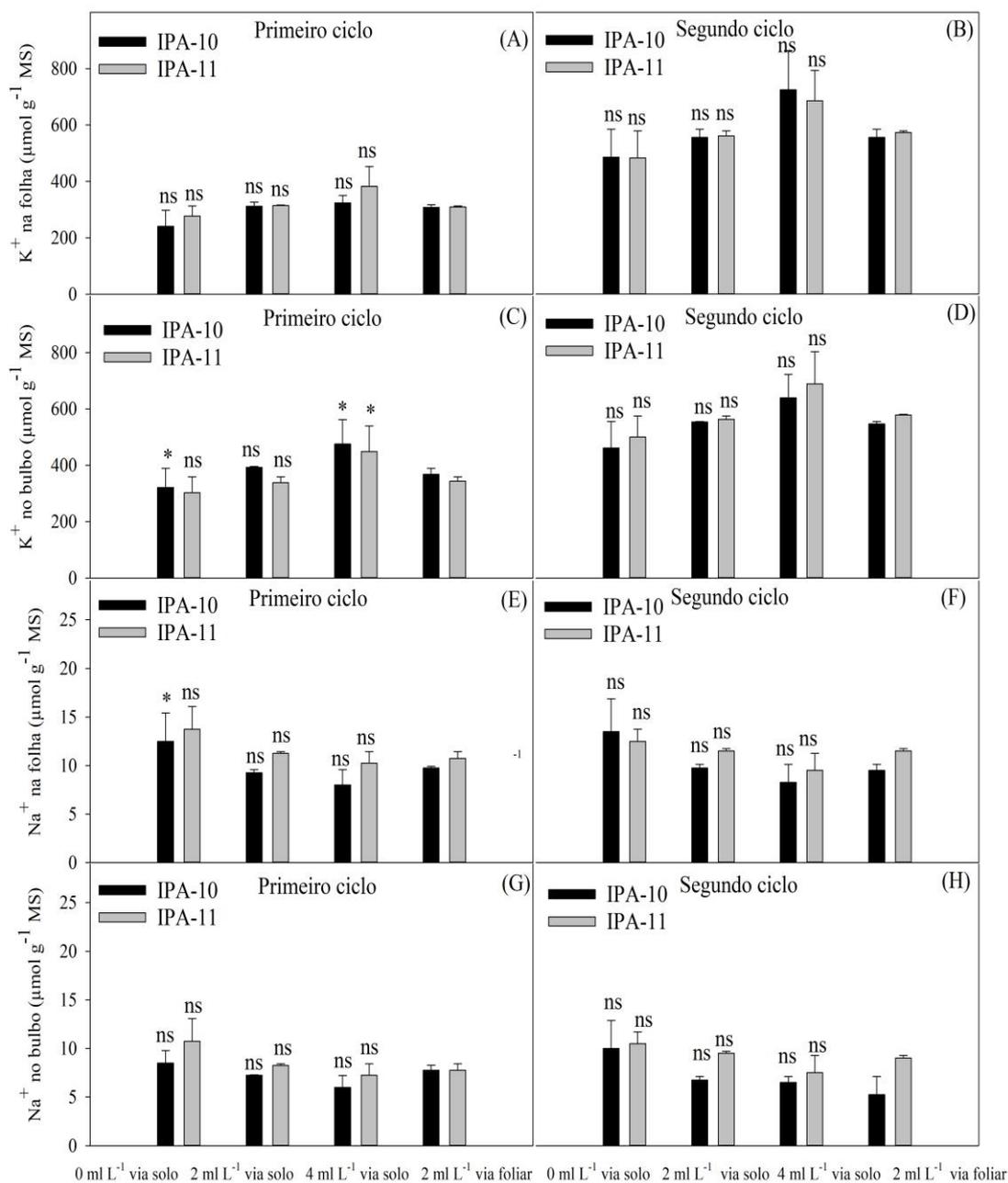


Figura 16. Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L⁻¹ aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, em relação ao conteúdo de potássio na folha (K^+) (Figura 16A e B), no bulbo (Figura 16C e D), sódio na folha (Na^+) (Figura 16E e F) e bulbo (Figura 16G e H) das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 durante primeiro e segundo ciclo. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças

significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.

A interação entre os fatores na razão K^+/Na^+ nas folhas foi significativa apenas para a cultivar IPA-11 durante o primeiro ciclo, com um aumento de 45,03% em relação à dose 0 mL L⁻¹ (Figura 17A). Por outro lado, durante o segundo ciclo, foi observado um aumento significativo na razão K^+/Na^+ com a aplicação da dose de 4 mL L⁻¹ em comparação com o controle para ambas as cultivares (61,67% para IPA-10 e 45,57% para IPA-11) em comparação com a dose 0 mL L⁻¹ (Figura 17B).

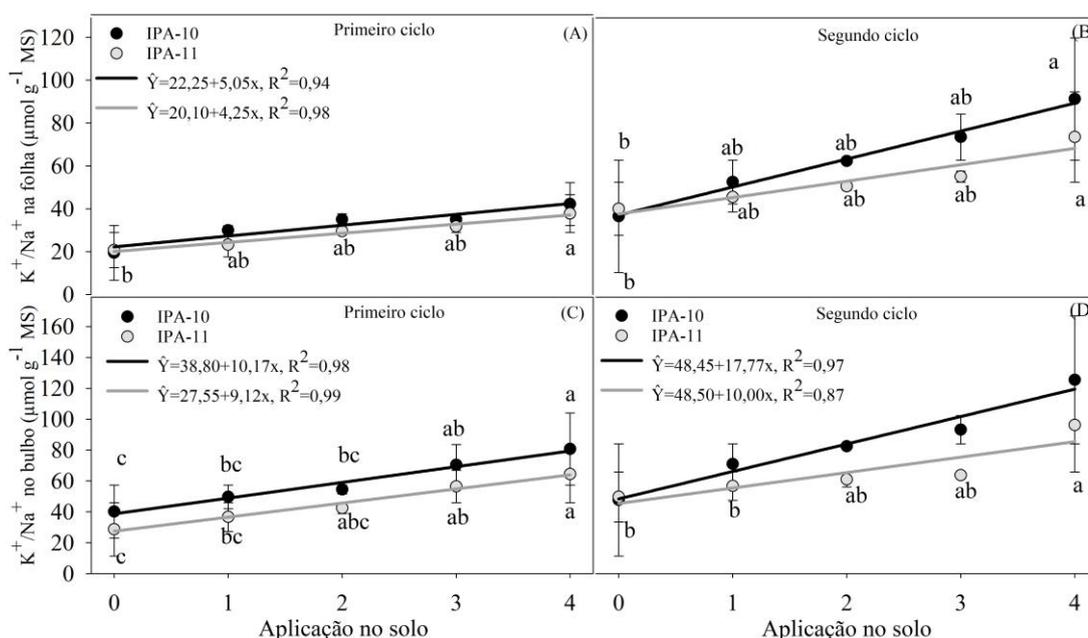


Figura 17. Razão K^+/Na^+ na folha durante o primeiro e segundo ciclo (A e B) e Razão K^+/Na^+ no bulbo durante o primeiro e segundo ciclo (C e D). As barras representam a média e o desvio padrão dos valores observados; as letras minúsculas indicam comparações entre as doses dentro da mesma cultivar.

Os resultados para a razão K^+/Na^+ nos bulbos, demonstram um aumento significativo desta relação com a aplicação de 4 mL L⁻¹ do bioestimulante em comparação com o tratamento controle durante o primeiro ciclo para ambas as cultivares (50,15% para IPA-10 e 55,42% para IPA-11) em relação à dose de 0 mL L⁻¹ (Figura 17C). No entanto, a razão K^+/Na^+ nos bulbos foi expressiva apenas para a cultivar IPA-11 durante o segundo ciclo, com um aumento de 48,31% em relação à dose de 0 mL L⁻¹ (Figura 17D).

Na comparação entre os tratamentos aplicados no solo e o controle, não foram observadas diferenças significativas para a razão K^+/Na^+ nas folhas de ambas as cultivares durante o primeiro ciclo (Figura 18A). No segundo ciclo, foi observada uma diminuição significativa na razão K^+/Na^+ com a dose de 0 mL L^{-1} em comparação com o controle (37,6% para IPA-10 e 19,71% para IPA-11), enquanto houve um aumento significativo para a cultivar IPA-11 com a dose de 4 mL L^{-1} (47,59%) em comparação com o controle (Figura 18B).

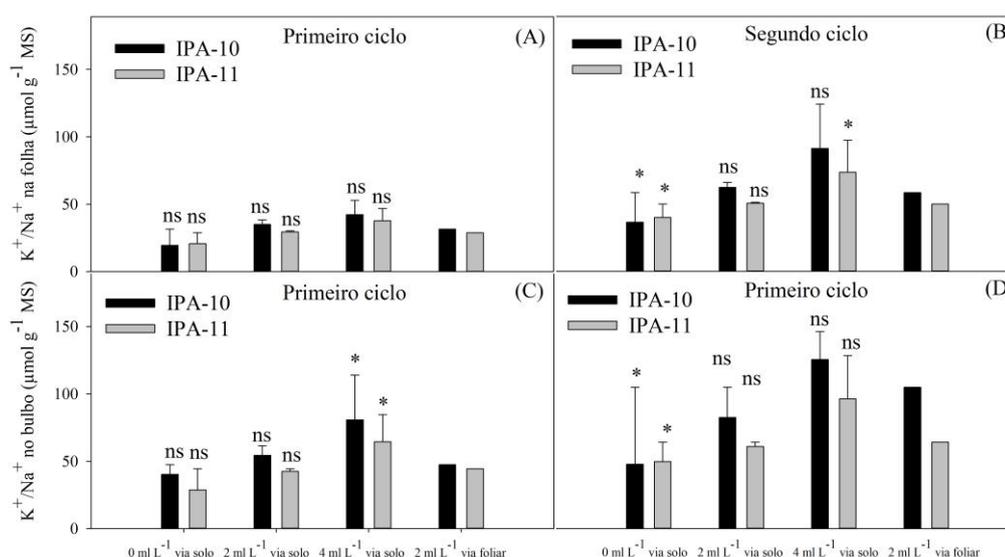


Figura 18. Comparação do efeito entre a dose controle (2 mL L^{-1} aplicação foliar) e as distintas doses administradas via aplicação no solo, em relação a Razão K^+/Na^+ na folha durante o primeiro e segundo ciclo (A e B) e Razão K^+/Na^+ no bulbo durante o primeiro e segundo ciclo (C e D) das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 durante primeiro e segundo ciclo. As barras acompanhadas de (*) indicam diferenças significativas em relação ao controle, enquanto as linhas com (-) representam o desvio padrão. As barras seguidas de (ns) indicam a ausência de diferenças significativas em relação ao controle.

Os dados analisados da razão K^+/Na^+ nos bulbos entre os tratamentos aplicados no solo e o grupo controle, sugeriu-se um aumento significativo para ambas as cultivares durante o primeiro ciclo com a aplicação da dose de 4 mL L^{-1} em comparação com o controle (41,20% para IPA-10 e 31,24% para IPA-11) (Figura 18C). No entanto, durante o primeiro ciclo, ao examinar a razão K^+/Na^+ nos bulbos entre os tratamentos aplicados no solo e a aplicação via foliar (controle), observou-se uma redução

significativa para ambas as cultivares (54,48% para IPA-10 e 22,53% para IPA-11) quando submetidas à dose de 0 mL L⁻¹ em comparação com o controle (Figura 18D).

6.5 Pigmentos fotossintéticos

Não foi observado diferença significativa ($P > 0,05$) para os pigmentos de clorofila *a* clorofila *b*, clorofilas totais e carotenoides para as cultivares IPA-10 e IPA-11 (Tabela 4).

Tabela 4. Pigmentos fotossintéticos das cultivares de cebola IPA-10 e IPA-11 irrigada com água salina sob diferentes doses de bioestimulante.

Primeiro ciclo								
Doses (mL ⁻¹)	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofilas totais		Carotenoides	
	(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)	
	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11
0-via solo	8,74 ^{ns}	9,10 ^{ns}	3,99 ^{ns}	5,02 ^{ns}	12,73 ^{ns}	14,12 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,13 ^{ns}
1-via solo	8,74 ^{ns}	8,34 ^{ns}	3,67 ^{ns}	4,08 ^{ns}	12,41 ^{ns}	12,42 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,77 ^{ns}
2-via solo	11,55 ^{ns}	12,07 ^{ns}	5,01 ^{ns}	5,52 ^{ns}	16,56 ^{ns}	17,60 ^{ns}	2,80 ^{ns}	2,42 ^{ns}
3-via solo	11,72 ^{ns}	13,85 ^{ns}	4,80 ^{ns}	5,56 ^{ns}	16,53 ^{ns}	19,41 ^{ns}	2,57 ^{ns}	3,60 ^{ns}
4-via solo	12,87 ^{ns}	11,39 ^{ns}	5,45 ^{ns}	5,06 ^{ns}	18,33 ^{ns}	16,45 ^{ns}	2,80 ^{ns}	2,58 ^{ns}
T-2-via foliar	11,55 ^{ns}	11,63 ^{ns}	5,05 ^{ns}	5,65 ^{ns}	16,61 ^{ns}	17,29 ^{ns}	2,50 ^{ns}	2,11 ^{ns}
p-valor	0,44	0,45	0,83	0,15	0,52	0,29	0,99	0,55
Segundo ciclo								
Doses (mL ⁻¹)	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>		Clorofilas totais		Carotenoides	
	(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)		(mg g ⁻¹)	
	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11	IPA-10	IPA-11
0-via solo	8,42 ^{ns}	6,48 ^{ns}	3,12 ^{ns}	3,02 ^{ns}	11,54 ^{ns}	9,05 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,53 ^{ns}
1-via solo	8,05 ^{ns}	6,51 ^{ns}	3,10 ^{ns}	4,73 ^{ns}	11,15 ^{ns}	11,24 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,54 ^{ns}
2-via solo	8,19 ^{ns}	6,94 ^{ns}	3,75 ^{ns}	3,32 ^{ns}	12,94 ^{ns}	10,24 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,63 ^{ns}
3-via solo	9,04 ^{ns}	8,07 ^{ns}	3,68 ^{ns}	3,48 ^{ns}	12,72 ^{ns}	11,55 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,87 ^{ns}
4-via solo	9,53 ^{ns}	8,29 ^{ns}	4,19 ^{ns}	3,49 ^{ns}	13,72 ^{ns}	11,78 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,87 ^{ns}
T-2-via foliar	8,94 ^{ns}	6,06 ^{ns}	3,61 ^{ns}	3,15 ^{ns}	12,55 ^{ns}	9,21 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,62 ^{ns}
p-valor	0,30	0,51	0,01	0,07	0,70	0,46	0,39	0,77

p-valor: indica a probabilidade de se observar uma diferença tão grande ou maior do que a que foi observada sob a hipótese nula. As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação ao controle (2 mL L⁻¹ via foliar) e entre as doses aplicadas via solo e a dose controle (2 mL L⁻¹ via foliar) pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

6.6 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

Os dados apresentados na Tabela 5 referem-se que a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo que se modificou do primeiro para o segundo ciclo de cultivo, apresentando um aumento médio de 76,47%.

O aumento médio da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em comparação com a condutividade elétrica inicialmente medida no início do primeiro ciclo foi de 431%, enquanto que este aumento chegou a 200% quando compara-se com a CEs obtida no início do segundo ciclo produtivo, indicando que as doses de bioestimulantes aplicadas não apresentaram efeito sobre o aumento progressivo da condutividade elétrica do solo sob irrigação permanente com água salina da classe C₃, num intervalo de tempo de 8 meses.

Tabela 5. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo durante a condução experimental.

Primeiro ciclo			
Doses (mL L ⁻¹)	CEs (dS m ⁻¹)		
	Início do ciclo	Final do ciclo	
		IPA-10	IPA-11
0-via solo		1,7a	1,6
1-via solo		1,5ab	1,47
2-via solo	0,85	1,5ab	1,48
3-via solo		1,46ab	1,4
4-via solo		1,2b	1,5
2-via foliar		1,52ab	1,7
P-valor	-	0,85	0,06
Segundo ciclo			
Doses (mL L ⁻¹)	CEs (dS m ⁻¹)		
	Início do ciclo	Final do ciclo	
		IPA-10	IPA-11
0-via solo		4,70	4,69
1-via solo		4,44	4,53
2-via solo		4,46	4,57
3-via solo	1,5	4,55	4,46
4-via solo		4,56	4,44
2-via foliar		4,49	4,48
p-valor		0,34	0,29

CEs=Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. p-valor: indica a probabilidade de se observar uma diferença tão grande ou maior do que a que foi observada sob a hipótese nula.

7 DISCUSSÃO

O bioestimulante, em doses crescentes aplicados ao solo cultivado, resultou em um aumento significativo no crescimento das plantas de cebola (Figuras 10-A, B, C e D) e no número de folhas (Figuras 11-A, B, C e D). Estes resultados corroboram com a literatura existente, que frequentemente destaca que as algas contêm compostos químicos capazes de influenciar diversos processos de crescimento nas plantas, mesmo em concentrações baixas (Khan et al., 2009; Michalak et al., 2015 e Garcia et al., 2016).

Os resultados obtidos na presente pesquisa também estão em consonância com estudos anteriores, porém conduzidos com extrato de algas marinhas por Szczepanek et al. (2017), e Mógor et al. (2021), segundo os quais a aplicação de bioestimulantes, também promoveu o crescimento de plantas de cebola.

Pesquisas conduzidas com outras culturas hortícolas também demonstraram consistentemente que o uso de extrato de algas de água doce resultou em melhorias no crescimento e na vitalidade de plantas como beterraba (Barone et al., 2018), acelga (Hajnal et al., 2020), tomate (Oancea et al., 2013) e berinjela (Dias et al., 2016).

A aplicação do bioestimulante no presente estudo promoveu o crescimento da parte aérea da cebola em consequência, provavelmente, da melhoria na oferta de nutrientes à planta. Esta afirmativa encontra respaldo em estudos que indicam uma relação significativa entre a altura da planta, o número de folhas e a disponibilidade de nutrientes (Jesus et al., 2013). Além disso, é importante notar que um suprimento adequado de nutrientes resulta em um aumento tanto na altura das plantas quanto no número de folhas (Jain et al., 2014).

As microalgas de água doce, produzem fitohormônios com propriedades semelhantes às citocininas, tais como isopenteniladenina e zeatina, juntamente com seus ribosídeos conjugados (Moreno et al., 2019). Essas substâncias desempenham um papel crucial na promoção do crescimento das plantas (Mógor et al., 2018), atuando na divisão e diferenciação celular (Tarakhovskaya et al., 2007).

Os resultados alcançados também podem ser atribuídos à influência positiva dos bioestimulantes sobre a fisiologia das plantas (Battacharyya et al., 2015; Jannin et al., 2013; NAIR et al., 2012), que desencadeiam efeitos hormonais e nutricionais

importantes através do aumento da disponibilidade de micro e macronutrientes, favorecendo o estabelecimento do stand de plantas, conseqüentemente, seu crescimento e desenvolvimento (Hajnal-jafari et al., 2020), com reflexos também positivos sobre o calibre e o rendimento dos bulbos.

No estudo realizado por Kim et al. (2018), também ficou evidente que o rendimento da cebolinha e do espinafre, quando receberam em seus tratamentos experimentais a aplicação de algas de água doce, apresentou um aumento de 18,3% em comparação com o grupo não tratado. Os resultados em questão corroboram com os obtidos na presente pesquisa, uma vez que doses mais altas de bioestimulante resultaram em um aumento substancial no peso médio dos bulbos (Figuras 12A e C), com reflexo na produtividade total de ambas as cultivares (Figuras 12B e D).

Concentrações mais elevadas do bioestimulante resultaram em uma maior quantidade de bulbos de classe 3 (50 mm de diâmetro) durante o primeiro ciclo (Figuras 14A e B.). A produção de bulbos de maior tamanho não apenas está correlacionada positivamente com o aumento da produtividade, mas também contribui para uma maior lucratividade, dado que bulbos com diâmetro inferior a 50 mm geralmente possuem menor valor de mercado em comparação com aqueles de dimensões superiores (Baier et al., 2009 e Kurtz et al., 2012).

Estudos anteriores também enfatizam que a utilização de bioestimulantes à base de extratos de algas resultou no aumento da produtividade e/ou rendimento em culturas como trigo, tomate, cebolinha, cebola, espinafre, arroz, milho e alface (Coppens et al., 2016; Renuka et al., 2016; Garcia et al., 2016; Szczepanek et al., 2017; Kim et al., 2018; Wang et al., 2018; Puglisi et al., 2020; Mógor et al., 2021).

A aplicação de bioestimulante favoreceu a adaptação das cebolas às condições de irrigação salina, visto que, mesmo com o aumento da salinidade na solução do solo (Tabela 5), a aplicação do bioestimulante na concentração de 4 mL L⁻¹ resultou em incrementos substanciais na produtividade total de bulbos, em comparação com a estimativa fornecida pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco, responsável pelo desenvolvimento das cultivares empregadas.

A boa performance das cultivares sob condições salinas de água e solo pode estar atrelada a uma melhor absorção de nutrientes pelas plantas, visto que, as doses mais altas de bioestimulante resultaram no aumento dos teores de potássio no bulbo e folhas durante o primeiro ciclo (Figuras 15A e B). Melo et al. (2014) esclarecem que a acumulação de potássio nas plantas promove a formação de um gradiente osmótico que

facilita o deslocamento da água, desempenhando um papel crucial na regulação da abertura estomática e na manutenção da turgidez celular.

O aumento do conteúdo de potássio pode ter contribuído ainda para o crescimento significativo das plantas, como aumento no número de folhas, resultando em um crescimento da parte aérea. Vale salientar que o potássio age na regulação osmótica, respiração, metabolismo de carboidratos, síntese de proteínas, transporte, fotossíntese e no balanço de água ((Veloso et al., 2019; Vinicius et al., 2022).

As relações K^+/Na^+ nas folhas e bulbos também foram aumentadas pela aplicação do bioestimulante (Figura 17A, B, C e D). A tolerância à salinidade também está correlacionada com a restrição do acúmulo de íons de sódio (Na^+) e a preservação das concentrações de potássio (K^+) no citosol, sendo que uma alta relação K^+/Na^+ é um fator determinante crucial da tolerância ao sal (Zhang et al., 2012). Além disso, o aumento da relação K^+/Na^+ , contribui para melhorar a condutância estomática e manter o equilíbrio hormonal e a fotossíntese sob estresse salino (Hoque et al., 2022). A aplicação de tratamentos com outros bioestimuladores também teve um efeito notável na relação K^+/Na^+ (Ashour et al., 2020).

Nosso estudo demonstrou que os níveis de potássio (K^+) foram mantidos em níveis elevados com a aplicação do bioestimulante em condições de estresse causado (Na^+). A concentração de íons de potássio (K^+) encontrada no bioestimulante e na adubação potássica fornecida neste estudo é significativamente alta, excedendo os valores de 1200 $\mu\text{mol/L}$. Esta concentração elevada tende a facilitar a absorção desse cátion pelas raízes das plantas (Zuzunaga et al., 2022). Conseqüentemente, as relações K^+/Na^+ foram incrementadas com as doses de aplicação de bioestimulante sob estresse salino.

Tais fatores são importantes nos processos de crescimento, desenvolvimento das plantas (Kano et al., 2010) e redução de desordens fisiológicas (Viana et al., 2010). Resultados semelhantes foram encontrados por Kim et al. (2018), em que, os teores de potássio e outros minerais aumentaram em plantas de cebolinha e espinafre chineses tratados com algas de água doce, indicando a eficiência sobre o crescimento das plantas. Os extratos de algas como aditivos ao solo podem contribuir para a nutrição das plantas, o que, por sua vez, otimiza todas as soluções fisiológicas associadas ao crescimento (Tian et al., 2022).

8 CONCLUSÕES

A ação do bioestimulante à base de extrato de algas de água doce favoreceu/promoveu a adaptação das cultivares de cebolas a condição de estresse promovida pela irrigação com água salina, possibilitando, inclusive, melhorias significativas no crescimento, produtividade e rendimento comercial da cultura sob estresse salino.

A utilização do bioestimulante na concentração de 4 mL L⁻¹ apresentou eficácia na facilitação da absorção de K⁺ pelas plantas, ao passo que aumentou a razão K⁺/Na⁺, com reflexo positivo na produtividade e no rendimento comercial das variedades de cebola.

A aplicação de bioestimulante não reduziu o impacto da água salina sobre a salinidade secundária do solo, mantendo-se obrigatória a aplicação de frações de lixiviação e o uso da drenagem agrícola para o controle rigoroso da salinidade no perfil do solo.

Mesmo com os resultados da pesquisa sendo promissores e consistentes com a literatura existente sobre o uso de bioestimulantes na agricultura, deve-se considerar as características específicas da cultura/variedade a ser cultivada e as condições de cultivo ao optar pela utilização destes produtos.

Novas pesquisas para entender com maior profundidade os mecanismos subjacentes e melhorar a aplicação de bioestimulantes em diferentes culturas e ambientes são recomendadas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL, A. M. R. et al. Seaweed Extract Improves Growth, Yield and Quality of Different Watermelon Hybrids. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, n. 2, p. 161–168, 2010.

AGROPLASMA. **Fertilizer Manufacturer | Fericell | Agroplasma**. Disponível em: <<https://agroplasma.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

ALAM, M. A. et al. Performance valuation of onion (*Allium cepa* L.) genotypes under different levels of salinity for the development of cultivars suitable for saline regions. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1154051, 31 mar. 2023.

ALLEN, R. et al. Parte C. Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar ET c bajo condiciones de estrés hídrico. **Evapotranspiración del cultivo Guías para la**

determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. estudio FAO riego y drenaje 56., p. 48, 2006.

ÁLVARES, A. O. Qualidade da Água de Irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010.

ASHOUR, H. A.; ESMAIL, S. E. A.; KOTB, M. S. Alleviative effects of chitosan or humic acid on *Vitex trifolia* 'Purpurea' grown under salinity stress. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 1, p. 88–102, 23 nov. 2020.

ASTELLO, G. M. G. et al. Chemical composition and phenolic compounds profile of cladodes from *Opuntia* spp. cultivars with different domestication gradient. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 43, p. 119–130, 1 nov. 2015.

BAIER, J. E. et al. Produtividade e rendimento comercial de bulbos de cebola em função da densidade de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 496–501, 2009.

BARONE, V. et al. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Applied Phycology**, v. 30, n. 2, p. 1061–1071, 1 abr. 2018.

BATTACHARYYA, D. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39–48, 10 jun. 2015.

BRASILIA. **ministério da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária**. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=740098373>>.

CANDEIA, J. A. et al. Cultura da cebola. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp25.php>>. Acesso em 10 de janeiro de 2024.

CASTILLO, J. M. et al. Interactive effects between salinity and nutrient deficiency on biomass production and bio-active compounds accumulation in the halophyte *Crithmum maritimum*. **Scientia Horticulturae**, v. 301, p. 111136, 27 jul. 2022.

CHOJNACKA, K. et al. Algal Extracts as Plant Growth Biostimulants. **Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications**, v. 1–2, p. 189–212, 6 fev. 2015.

COPPENS, J. et al. The use of microalgae as a high-value organic slow-release fertilizer results in tomatoes with increased carotenoid and sugar levels. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 4, p. 2367–2377, 1 ago. 2016.

CORDEIRO, E. C. N. et al. Microalga Biofertilizer Triggers Metabolic Changes Improving Onion Growth and Yield. **Horticulturae 2022, Vol. 8, Page 223**, v. 8, n. 3,

p. 223, 4 mar. 2022.

REGUERA, E. et al. The effects of saltwater intrusion on germination success of standard and alternative crops. **Environmental and Experimental Botany**, v. 180, p. 104254, 1 dez. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Produção agropecuária 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cebola/br>. Acesso em: 24 fev. 2022.

DEHNAVI, A. R. et al. Effect of Salinity on Seed Germination and Seedling Development of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes. **Agronomy** **2020**, Vol. 10, Page 859, v. 10, n. 6, p. 859, 17 jun. 2020.

DIAS, G. A. et al. Growth, yield, and postharvest quality in eggplant produced under different foliar fertilizer (*Spirulina platensis*) treatments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 3893–3902, 14 dez. 2016.

DIAS, L. R. C. et al. O uso sustentável da alga marinha *ascophyllum nodosum* (L.) le jol. na agricultura: um referencial teórico. **manejo de pragas e doenças: a busca por formas sustentáveis de controle**, v. 1, n. 1, p. 78–89, 31 out. 2021.

FABIAN, A. J. et al. Determinação de capacidade de campo in situ ou através de equações de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 1029–1036, 2000.

GARCÍA, C. P. et al. Lavandula multifida response to salinity: Growth, nutrient uptake, and physiological changes. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 1, p. 96–104, 1 fev. 2017.

GARCIA, G. J. et al. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 2, p. 1051–1061, 1 abr. 2016.

GONÇALVES, J. et al. Microalgae as Biofertilizers: A Sustainable Way to Improve Soil Fertility and Plant Growth. **Sustainability** **2023**, Vol. 15, Page 12413, v. 15, n. 16, p. 12413, 15 ago. 2023.

GONZÁLEZ. P. B. K. et al. Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 38, n. 1, p. 1–12, 1 jan. 2022.

GÓRKA, B. et al. Separation and identification of biologically active compounds from algae and their use in nutrition of plants. **Przemysl Chemiczny**, v. 92, n. 6, 2013.

GHEYI, H. R. et al. Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados. 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. 504p. 2016.

- HAJNAL, J. A. Effect of *Chlorella vulgaris* on Growth and Photosynthetic Pigment Content in Swiss Chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*). 2020.
- HOQUE, M. N. et al. Organic Amendments for Mitigation of Salinity Stress in Plants: A Review. **Life** 2022, Vol. 12, Page 1632, v. 12, n. 10, p. 1632, 18 out. 2022.
- JAIN, G. et al. Effect of different doses of nitrogen and sulphur on growth, yield and quality of onion (*Allium cepa*). **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 84, n. 11, 12 nov. 2014.
- JANNIN, L. et al. Brassica napus Growth is Promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed Extract: Microarray Analysis and Physiological Characterization of N, C, and S Metabolisms. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 1, p. 31–52, 1 mar. 2013.
- JESUS, F. et al. Mudras de girassol submetidas a doses de potássio. **Enciclopedia biosfera**, v. 9, n. 16, 1 jul. 2013.
- KANO, C. et al. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 287–291, 2010.
- KHAN, W. et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386–399, 8 nov. 2009.
- KIM, M. J. et al. Effect of biostimulator *Chlorella fusca* on improving growth and qualities of chinese chives and spinach in organic farm. **Plant Pathology Journal**, v. 34, n. 6, p. 567–574, 1 dez. 2018.
- KURTZ, C. et al. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 865–876, maio 2012.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, n. C, p. 350–382, 1987.
- LIMA, M. D. B. et al. Produção de cebola em solo salinizado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 231–235, 2008.
- MELOUK, S. A. M. et al. Horticultural, chemical and genetic diversity using SSR markers in Leek germplasm collection. **Scientia Horticulturae**, v. 311, p. 111782, 1 mar. 2023.
- MENEZES, J. F. O. G. et al. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 475–481, 2014.
- MICHALAK, I. et al. Supercritical Algal Extracts: A Source of Biologically Active

Compounds from Nature. **Journal of Chemistry**, v. 2015, 2015.

MÓGOR, A. F. et al. Biostimulant action of Lithothamnium sp. promoting growth, yield, and biochemical and chemical changes on onion. **Journal of Applied Phycology**, v. 33, n. 3, p. 1905–1913, 1 jun. 2021.

MÓGOR, Á. F. et al. Bioactivity of Cyanobacterial Biomass Related to Amino Acids Induces Growth and Metabolic Changes on Seedlings and Yield Gains of Organic Red Beet. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 5, p. 966–978, 12 abr. 2018.

MÓGOR, F. A. et al. Biostimulant action of Lithothamnium sp. promoting growth, yield, and biochemical and chemical changes on onion. **Journal of Applied Phycology**, v. 33, p. 1905–1913, 2021.

NAIR, P. et al. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, v. 13, n. 1, p. 1–23, 21 nov. 2012.

OANCEA, F. et al. Micro-algae based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants The biological activity of some nanomaterial-based products on fruit trees pest and the evaluation of their ecotoxicological impact on useful entomofauna View project Conversion of phytogenic silica reach food industry by-products into value-added products View project. 2013.

ORTIZ, M. M. L. et al. Chlorella, ¿un potencial biofertilizante? Chlorella, ¿un potencial biofertilizante? Chlorella, a potential biofertilizer? Chlorella, um potencial biofertilizante? v. 23, n. 2, p. 71–78, 2019.

PARIHAR, P. et al. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056–4075, 1 mar. 2015.

PEDRO, S. F. et al. Effects of fertilizer based on seaweed extracts on the initial growth of coffee trees. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e79111738844–e79111738844, 21 dez. 2022.

PEREIRA, P. D. C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184–195, 5 set. 2015.

PESSOA, L. G. M. et al. Crescimento de cebola irrigada com águas salinas em solos do semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 3, p. 527–534, jul. 2012.

PESSOA, L. G. M. et al. Saline water irrigation in semiarid region: II-effects on growth and nutritional status of onions. **AJCS**, v. 13, n. 07, p. 1835–2707, 2019.

PUGLISI, I. et al. Biostimulant Effect and Biochemical Response in Lettuce Seedlings Treated with A *Scenedesmus quadricauda* Extract. **Plants**, v. 9, n. 1, 1 jan. 2020.

RAI, N.; RAI, S. P.; SARMA, B. K. Prospects for Abiotic Stress Tolerance in Crops Utilizing Phyto- and Bio-Stimulants. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 22 nov. 2021.

RENUKA, N. et al. Exploring the efficacy of wastewater-grown microalgal biomass as a biofertilizer for wheat. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6608–6620, 1 abr. 2016.

RICCIARDI, L. et al. Assessment of Genetic Diversity of the “Acquaviva Red Onion” (*Allium cepa* L.) Apulian Landrace. **Plants (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 2, 1 fev. 2020.

RIGHINI, H. et al. Use of algae in strawberry management. **Journal of Applied Phycology**, v. 30, n. 6, p. 3551–3564, 1 dez. 2018.

SANTOS, H. G. DOS et al. Sistema Brasileiro de Ciência do Solo. p. 355, 2018.

SHAHRAJABIAN, M. H. et al. Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables. 2021.

SOARES, M. A. et al. Chlorophyll and macronutrients content in leaf tissue of *Musa* sp Prata-An under fertigation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 22, p. 1714–1720, 31 maio 2014.

SOLTABAYEVA, A. et al. Morphological, Physiological and Molecular Markers for Salt-Stressed Plants. **Plants 2021, Vol. 10, Page 243**, v. 10, n. 2, p. 243, 27 jan. 2021.

SZCZEPANEK, M. et al. Response of onion (*allium cepa* l.) to the method of seaweed biostimulant application. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 16, n. 2, p. 113–122–113–122, 30 abr. 2017.

TAL, M. et al. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. cheesmanii*, *L. peruvianum*, *Solanum pennellii* and F1 hybrids to high salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 10, n. 1, p. 109–117, 1983.

TARAKHOVSKAYA, E. R. et al. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 54, n. 2, p. 163–170, abr. 2007.

TEAM, R. C. **R: The R Project for Statistical Computing**. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 15 set. 2023.

TIAN, S. L. et al. Effects of *Chlorella* extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings. **Scientific Reports 2022 12:1**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 14 set. 2022.

VELOSO, L. L. DE S. A. et al. Effects of saline water and exogenous application of

hydrogen peroxide (H₂O₂) on Soursop (*Annona muricata* L.) at vegetative stage. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 3, p. 472–479, 1 mar. 2019.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. DE C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975–982, dez. 2010.

VINICIUS RIOS, C. et al. Efeito do cálcio, boro e potássio no crescimento inicial de hortelã-verde (*Mentha spicata* L.) em solução nutritiva. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 24 ago. 2022.

VOJNOVIĆ, Đ. et al. Onion (*Allium cepa* L.) Yield and Quality Depending on Biostimulants and Nitrogen Fertilization—A Chemometric Perspective. **Processes 2023, Vol. 11, Page 684**, v. 11, n. 3, p. 684, 23 fev. 2023.

WANG, Y. et al. Soil microalgae modulate grain arsenic accumulation by reducing dimethylarsinic acid and enhancing nutrient uptake in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil**, v. 430, n. 1–2, p. 99–111, 1 set. 2018.

WARSI, M. K. et al. Regulon: An overview of plant abiotic stress transcriptional regulatory system and role in transgenic plants. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e245379, 3 set. 2021.

YANG, Y.; GUO, Y. Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist*, v. 217, n. 2, p. 523–539, 1 jan. 2018.

YOHANNES, D. F. et al. Effect of cyclic irrigation using moderately saline and non-saline water on onion (*Allium cepa* L.) yield and soil salinization in semi-arid areas of Northern Ethiopia*. **Irrigation and Drainage**, v. 69, n. 5, p. 1082–1094, 1 dez. 2020.

ZHANG, M. et al. Molybdenum improves antioxidant and osmotic-adjustment ability against salt stress in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*). **Plant and Soil**, v. 355, n. 1–2, p. 375–383, 5 jun. 2012.

ZARZECKA, K. et al. Marketable Yield of Potato and Its Quantitative Parameters after Application of Herbicides and Biostimulants. **Agriculture 2020, Vol. 10, Page 49**, v. 10, n. 2, p. 49, 22 fev. 2020.

ZÖRB, C. et al. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, p. 31–38, 1 jan. 2019.

ZHU, J. K. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. *Cell*, v. 167, n. 2, p. 313–324, 6 out. 2016.

ZUZUNAGA-ROSAS, J. et al. Effect of a Biostimulant Based on Polyphenols and Glycine Betaine on Tomato Plants' Responses to Salt Stress. *Agronomy 2022, Vol. 12, Page 2142*, v. 12, n. 9, p. 2142, 9 set. 2022.

