



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**NANO ÓXIDO DE ZINCO E BIOINOCULANTES COMO ATENUANTES
DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA BERINJELA**

ROSIVALDO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR

**POMBAL-PB
2023**

ROSIVALDO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR

**NANO ÓXIDO DE ZINCO E BIOINOCULANTES COMO ATENUANTES
DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA BERINJELA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA) – CCTA/UFCG, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.
Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha

**POMBAL-PB
2023**

S586n Silva Junior, Rosivaldo Francisco da.

Nano óxido de zinco e bioinoculantes como atenuantes do déficit hídrico na cultura da berinjela / Rosivaldo Francisco da Silva Junior. – Pombal, 2023. 43 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha”.

Referências.

1. Berinjela - Crescimento e produção. 2. Nanopartículas. 3. Estresse hídrico. 4. Eficiência nutricional. 5. Olericultura. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araujo. II. Soares, Lauriane Almeida dos A. III. Título.

CDU 635.646 (043)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Auxiliadora Costa (CRB 15/716)

ROSIVALDO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR

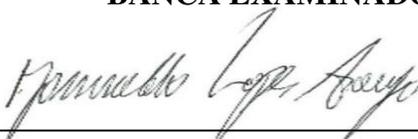
NANO ÓXIDO DE ZINCO E BIOINOCULANTES COMO ATENUANTES DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA BERINJELA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopez Araujo Rocha

Aprovado em:

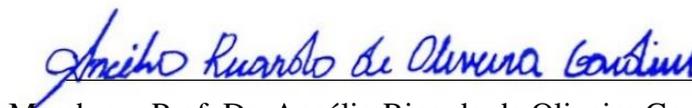
BANCA EXAMINADORA:



Orientador - Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



Membro – Prof^a. Dr^a. Adriana Silva Lima
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



Membro – Prof. Dr. Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

**POMBAL-PB
2023**

A Deus, que me fortaleceu durante toda a minha trajetória acadêmica, família, amigos e pessoas as quais contribuíram de forma direta ou indiretamente a galgar mais este degrau.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade em atender as minhas orações, dando-me a oportunidade do ingresso e conclusão do tão sonhado curso, abençoando a cada dia a minha existência e permitindo trilhar mais este caminho com excelência;

A minha mãe, Cícera Maria dos Santos, que me educou e ensinou muitos valores e princípios de moralidade os quais seguem até hoje em minha vida;

A minha noiva, Nitalma Santana, que dentre todas as virtudes teve umas das principais que foi a paciência por está ao meu lado em todos os momentos, mesmo à distância, sempre orientando-me com sabedoria e muito amor;

A minha Irmã, Simone Rafaela, pelo apoio e incentivo não deixando-me abater frente as adversidades;

Ao meu amigo, Eduardo Alves e ao seu pai José Vieira (*in memoriam*), por ter contribuído com a minha locomoção da cidade de Palmares-PE até a UFCG do Campus CCTA localizada em Pombal-PB, favorecendo a efetivação da matrícula no curso em Graduação de Bacharel em Agronomia;

À Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pela oportunidade de cursar a Graduação de bacharel em agronomia, ao quadro de professores que sempre estiveram dispostos em partilhar seus conhecimentos com excelência, contribuindo primordialmente para minha vida profissional;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha, que com muita atenção e sabedoria dedicou seu tempo para me orientar em cada passo deste trabalho. Um excelente professor ao qual tive o privilégio de aprender seus ensinamentos de valor inestimável;

Aos meus amigos e colegas: Pedro Francisco, Albertine Felipe, Evandro Fabrício, Tércio Dantas, Rubens Souza e a todos que me ajudaram nesta grande luta não só neste trabalho;

A todos os funcionários da UFCG, de todos os setores, ao qual não poderia de deixar de mencionar o Restaurante Universitário, que me forneceu alimento, e a assistência social a qual contribuiu com auxílios que permitiram minha permanência no curso;

A Fapesq devido ao apoio financeiro Outorga 3071/2021 – Fapesq/PB Edital Universal 09/2021 SEECT/Fapesq;

Por fim, sou grato a todos que direto e/ou indiretamente contribuíram para um encerramento de um ciclo e início de outro, assim como colaboraram para a realização dessa pesquisa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm do solo PLANOSSOLO HÁPLICO utilizado no experimento.....	21
Tabela 2	Resumo da análise de variância paa altura de pantas no florescimento (Alt floresc), altura na fase de produção (Alt prod), diâmetro do caule no florescimento (Diam floresc), diâmetro do caule na fase produção (Diam prod), índice de área foliar (IAF), produção total de frutos (PTF), produção de frutos não comerciais (PFNC) e produção de frutos comerciais (PFC).....	27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Dados climatológicos de temperatura (C°), umidade relativa do ar e (%) precipitação (mm) durante o período experimental no campo.....19
- Figura 2** Disposição das bandejas após a semeadura A), uso de cobertura morta sobre as bandejas (B), aplicação de solução nutritiva (C) e emergências das plântulas.....20
- Figura 3** Preparo da área com grade aradora e levantamento de leiras (A), adubação de plantio (B), instalação (C) e teste do sistema de irrigação.....22
- Figura 4** Estacas de sabiá (A), varas de marmeleiro (B), plantas já tutoradas com fitilhos (C e D).....24
- Figura 5** Pesagem dos fertilizantes (A) e tanque de mistura para fertirrigação (B).....25
- Figura 6** Berinjelas recém-colhidas que foram para o laboratório (A), berinjelas pontas para pesagem e medição (B).....27
- Figura 7** Altura de planta no florescimento (A) e na fase de produção da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da E_{to}) e déficit de irrigação (50% da E_{to}).....29
- Figura 8** Diâmetro do caule na fase de crescimento da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da E_{to}) e déficit de irrigação (50% da E_{to}).....29
- Figura 9** Diâmetro do caule na fase de crescimento da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da E_{to}) e déficit de irrigação (50% da E_{to}).....30
- Figura 10** Índice de área foliar em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da E_{to}) e déficit de irrigação (50% da E_{to}).....31
- Figura 11** Produção total de frutos de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da E_{to}) e déficit de irrigação (50% da E_{to}).....32

Figura 12	Produção de frutos não comerciais de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto).....	32
Figura 13	Produção de frutos comerciais de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto).....	33

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.)	15
2.2. Exigências hídricas e influência do déficit hídrico sobre o crescimento e produtividade da berinjela	15
2.3. Bactérias promotoras do crescimento vegetal como atenuantes do estresse hídrico .	16
2.4. Nanofertilizantes como atenuantes do estresse hídrico	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	19
3.2. Tratamentos e delineamento estatístico	20
3.3. Produção de mudas	21
3.4. Preparo da área para o transplântio	22
3.5. Aplicação dos tratamentos	23
3.6. Manejo das lâminas de irrigação.....	23
3.7. Tratos culturais	25
3.8. Adubação de cobertura	26
3.9. Controle fitossanitário.....	27
3.10. Variáveis analisadas	27
3.11. Análise estatística.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS	37

RESUMO

A olericultura é uma importante atividade econômica do sertão paraibano, que pelas suas características, gera emprego e renda na região. Uma das dificuldades dos olericultores desta região é a escassez hídrica e a falta de adoção de novas tecnologias de produção. Neste projeto objetiva-se investigar a influência de nanopartículas contendo micronutriente zinco, associado ou não a bactérias promotoras do crescimento de plantas no crescimento e produção da berinjela submetidas ao estresse hídrico. O experimento foi instalado em parcelas subdivididas no espaço, onde as parcelas compreenderão dois lâminas de irrigação (50% e 100% da evapotranspiração potencial -Eto) e as subparcelas por cinco tratamentos compostos pela combinação de nanopartículas de óxido de zinco (NPZnO) e, ou Bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCP) contendo bactérias benéficas (C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + BPCP, T4 = ZnSO₄ via solo + BPCP), com quatro blocos. Foram avaliados o crescimento em altura e diâmetro do caule, índice de área foliar, produção total de frutos, produção de frutos comerciais e frutos não comerciais. O crescimento em altura e em diâmetro da berinjela foi pouco afetado pelo déficit hídrico e pelos tratamentos contendo sulfato de zinco, nano óxidos de zinco (NPZnO) e bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). O déficit hídrico, em média diminuiu o índice de área foliar em 23%, a produção total de frutos em 14% e a produção de frutos comerciais em 28%. Os tratamentos T3 (NPZnO via foliar + BPCP) e T4 (ZnSO₄ via solo + BPCP) incrementaram a produção de frutos em cerca de 93%, quando as plantas foram cultivadas sem restrição hídrica. Os tratamentos contendo sulfato de zinco, NPZnO e BPCP não atenuaram o déficit hídrico imposto a berinjela.

Palavras-chave: nanopartículas, bactérias promotoras do crescimento vegetal, estresse hídrico, eficiência nutricional.

ABSTRACT

Olericulture is an important economic activity in the sertão of Paraíba, which, due to its characteristics, generates employment and income in the region. One of the difficulties faced by vegetable growers in this region is the lack of water and the lack of adoption of new production technologies. This project aims to investigate the influence of nanoparticles containing the micronutrient zinc, associated or not with plant growth-promoting bacteria on the growth and production of eggplant subjected to water stress. The experiment was installed in subdivided plots in space, where the plots will comprise two irrigation depths (50% and 100% of the potential evapotranspiration -Eto) and the subplots by five treatments composed by the combination of zinc oxide nanoparticles (NPZnO) and/or Plant growth promoting bacteria (BPCP) containing beneficial bacteria (C = control, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + BPCP, T4 = ZnSO₄ via soil + BPCP), with four blocks. Horticulture is an important economic activity in the sertão of Paraíba. Growth in height and diameter of the stem, leaf area index, total fruit production, production of commercial fruits and non-commercial fruits were evaluated. Eggplant growth in height and diameter was little affected by water deficit and treatments containing zinc sulfate, nano zinc oxides (NPZnO) and plant growth promoting bacteria (BPCP). The water deficit, on average, reduced the leaf area index by 23%, the total fruit production by 14% and the commercial fruit production by 28%. Treatments T3 (NPZnO via foliar + BPCP) and T4 (ZnSO₄ via soil + BPCP) increased fruit production by about 93% when plants were grown without water restriction. Treatments containing zinc sulfate, NPZnO and BPCP did not attenuate the water deficit imposed on eggplant.

Key words: nanoparticles, plant growth-promoting bacteria, water stress, nutritional efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A olericultura é uma importante atividade econômica do sertão paraibano, que pelas suas características, gera emprego e renda na região. Contudo, uma das dificuldades dos olericultores desta região é a escassez hídrica e a falta de adoção de novas tecnologias de produção, ocasionado perda de produtividade e de qualidade do produto colhido.

Segundo Marouelli et al. (2014) em torno de 78% da produção no Brasil de berinjela, gira em torno de 90 mil toneladas, aplica-se na região Sudeste, especificamente em São Paulo que é o maior estado produtor, consequentemente produz 43% da produção brasileira, seguido de Minas Gerais (20%) e Rio de Janeiro (15%).

O estresse hídrico é um dos fatores que mais contribuem para a diminuição do crescimento e produtividade das hortaliças, principalmente as de frutos como a berinjela (*Solanum melongena* L.), que apresenta elevado índice de área foliar e consequentemente, elevada taxa de evapotranspiração (DAMASCENO et al., 2022). O déficit hídrico ocorre quando o conteúdo de água no tecido ou na célula vegetal está abaixo do conteúdo de máxima hidratação, e após longo prazo de estresse, a água na planta não é recuperada, causando fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas (XU et al., 2018) e, por conseguinte, decréscimo na produção.

O uso de produtos biológicos como atenuantes do estresse hídrico nas culturas, pode contribuir para aumentar a eficiência do uso da água pelas plantas especialmente aqueles contendo microrganismos na sua composição (LIN et al., 2018; MATOS et al., 2019; ZAREI et al., 2019), denominados genericamente de bactérias promotoras de crescimento de plantas.

As bactérias promotoras de crescimento vegetal, que interagem com as raízes das plantas, têm a capacidade de aumentar a produtividade e conferir as plantas características de imunidade e tolerância induzida por fatores abióticos, como salinidade e a seca (LIMA e al., 2019). Tais benefícios que esses microrganismos podem conferir aos vegetais, podem revelar uma interação evolutiva entre plantas e microrganismos (FERREIRA et al., 2014; FILGUEIRAS & MENESES, 2015).

O uso de nanopartículas (materiais com tamanho entre 1 e 100 nm) na agricultura tem se tornando cada vez mais frequente, especialmente aquelas contendo micronutrientes de plantas, como o zinco (GARCIA-LÓPEZ et al., 2019; AHMADIAN et al., 2021). Alguns trabalhos demonstraram que a aplicação de nanofertilizantes em milho, trigo e em soja, pode diminuir os efeitos estressantes do déficit hídrico (GHOLINEZHAD 2017; AHMADIAN et

al., 2021; SUN et al., 2020). Entretanto, em hortaliças de frutos os trabalhos desta natureza são escassos (GARCIA-LÓPEZ et al., 2019).

Assim, o entendimento das interações entre microrganismos e plantas, bem como de nanofertilizantes, em ambientes com déficit hídrico pode proporcionar o desenvolvimento de novas tecnologias que mitiguem os efeitos adversos desse tipo estresse, aumentando a produtividade das culturas agrícolas. Por outro lado, estudos com essa temática são escassos e precisam ser ampliados de forma a gerar mais informações acerca destas interações sob clima semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Berinjela (*Solanum melongena* L.)

A berinjela (*Solanum melongena* L.), é uma solanácea, cujo a origem é pertencente ao continente Asiático. A cultura introduzida no Brasil no Séc. XVI, pelos portugueses no período colonial. Em regiões de climas tropicais o vegetal apresenta melhor adaptação, possibilitando seu cultivo em qualquer época do ano, em temperaturas médias de 25°C e 80% de umidade relativa do ar (EMBRAPA, 1998).

O mercado consumidor do Brasil torna-se a cada dia mais rigoroso em relação as exigências qualitativas do produto, o que leva os produtores a buscar materiais de elevadas produtividades devido ao seu preço no mercado, com características de qualidade de uniformidade de frutos e, tolerância e resistência às doenças e pragas. No Brasil, o melhoramento genético vem se desenvolvendo em berinjela desde a década de 1960, aonde disponibilizado a utilização do híbrido ('F-100') que realocou, em escala a nível comercial, as cultivares convencionais (de polinização aberta) utilizadas até então (IKUTA, 1981). O aproveitamento comercial por mais de 20 anos do híbrido 'F-100', instituiu a inclusão de modernos materiais que conquistaram o atual mercado brasileiro, tais como 'Nápoli', 'Super F-100', 'F-1000' e 'Ciça' (ANTONINI et al., 2002). Atualmente a procura por berinjela vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, em razão de suas propriedades medicinais, tendo sua indicação fitoterápica como redutora de colesterol, além de ser destaque em sua composição nutritiva as vitaminas e minerais: cálcio, fósforo, ferro e potássio (MARQUES, 2003).

2.2. Exigências hídricas e influência do déficit hídrico sobre o crescimento e produtividade da berinjela

A escassez de água é um dos fatores que mais limita o crescimento e a produtividade das culturas. O estresse hídrico afeta negativamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas que restringem o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas (CHAVIRA et al., 2018; FLORES et al., 2020). A seca causa decréscimo no turgor das células, imprescindível para o adequado metabolismo celular, como fotossíntese atividade enzimática e absorção de nutrientes (MONTEIRO et al., 2014; SELEIMAN et al., 2021).

A necessidade hídrica da cultura da berinjela, dependendo das condições ambientais, tempo do ciclo da cultura e dos sistemas de cultivo e de irrigação preconizados, varia entre 450 mm a 750 mm. A demanda hídrica compreende a água transpirada pelas plantas e a água

evaporada do solo, sendo conhecida como evapotranspiração da cultura (ET_c) (MAROUELLI et al., 2014).

A umidade insuficiente do solo durante o cultivo da berinjela, principalmente durante a floração e o desenvolvimento dos frutos, é um dos principais fatores limitantes para a produção da berinjela (BILIBIO et al., 2010).

Conforme demonstrado Marouelli et al. (1996), o objetivo do manejo adequado da irrigação, que inclui decidir quando e quanto irrigar, e aumentar a eficiência do uso da água, minimizar o consumo de energia e manter condições favoráveis de umidade, solo e saúde das plantas.

Para Vieira (1994), a maior limitação do cultivo da berinjela é a umidade insuficiente do solo durante o seu ciclo vegetativo, que ocorre na maioria das hortaliças. Marouelli & Silva (2006) apontaram que a falta de água é prejudicial desde o transplante até o estabelecimento das mudas (MAROUELLI et al., 2014). Além de afetar diretamente a produtividade, a escassez de água também pode reduzir a qualidade dos frutos, ressaltando que tanto o excesso quanto a falta de água podem prejudicar gravemente a produção, pois levam ao crescimento excessivo das plantas e prejudicam a floração e a frutificação.

Repor a água no solo via irrigação, na quantidade e tempo certo, no solo, fundamental para o sucesso da produção vegetal, desta forma, Marouell et al. (2014), sugere que cultura da berinjela seja irrigada quando a tensão estiver entre 20 kPa e 40 kPa para solos de textura grossa e entre 30 kPa e 50 kPa para solos de textura média e fina. Todavia Bilibio et al. (2010), afirmam que para melhorar o desenvolvimento e produtividade de planta, deve-se realizar a irrigação quando a tensão de água no solo atinge 15 kPa.

2.3. Bactérias promotoras do crescimento vegetal como atenuantes do estresse hídrico

Dentre as possíveis estratégias para atenuar o estresse hídrico nas culturas, tem recebido atenção da pesquisa, as bactérias promotoras do crescimento de plantas (VURUKONDA et al., 2016; CHANDRA et al., 2018; OJUEDERIE et al., 2019; LIMA et al., 2019; AKHTAR et al., 2020). O Uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) na agricultura é uma tecnologia ambientalmente amigável, uma vez que pode aumentar a produtividade das culturas, a fertilidade do solo, a exemplo dos solublizadores de fosfato, sem exercer nenhum efeito tóxico no ambiente. Além disso, podem diminuir a disponibilidade de substâncias tóxicas e metais pesados no solo (RAMAKRISHNA et al., 2019).

As BPCP no solo podem levar à produção de substâncias osmorreguladoras pelas plantas e assim atuar de forma sinérgica, colaborando na tolerância à seca (VINCI et al., 2018; MATOS et al., 2019). Estes organismos podem produzir auxinas como o ácido indol acético, maximizou o comprimento das raízes das plantas, conduzindo assim a uma maior absorção de água e nutrientes do solo (LUO et al., 2019). Neste sentido, Vinci et al. (2018) observaram que a inoculação do milho com *Bacillus amyloliquefaciens* potencializou a absorção de nutrientes e promoveu mecanismos de crescimento em plantas ampliou como o aumento da concentração de aminoácidos como triptofano, isoleucina, alanina, valina, tirosina e açúcares como frutose e glicose.

Da mesma forma, Lima et al. (2019) observaram que a inoculação do milho com *B. subtilis* aumentou o teor de água nas folhas e a regulação dos estômatos, sem prejudicar as taxas fotossintéticas. Em plantas de pimenta Lim & Kim (2013) observaram que *B. licheniformis* induziu a tolerância da cultura ao estresse hídrico pelo aumento da concentração de auxinas e expressão gênica de seis proteínas associadas a tolerância ao estresse hídrico.

Vários microrganismos já foram identificados por seus comportamentos que possibilitam um maior desenvolvimento vegetal, dentre eles evidencia-se com aspectos relacionados as bactérias do gênero *Bacillus* e fungos do gênero *Trichoderma*, que realizam a fixação e solubilização de determinados nutrientes e ajudam os vegetais a tolerar déficit hídrico por meio da metabolização desses nutrientes (CHAGAS et al., 2017; SU et al., 2017, CAMARGO et al., 2019). Algumas pesquisas já relataram, que bactérias *B. amyloliquefaciens* e o fungo *Trichoderma asperellum*, são responsáveis por aumentar o desenvolvimento de vegetais mesmo sob condições de estresses abióticos e proporcionar resistência das culturas a estresses bióticos (CHAGAS et al., 2017; SILVA, 2019).

Segundo Mendes et al. (2022) as espécies do gênero *Bacillus* atuam como importantes agentes na secreção de diversos metabólitos bioativos, fabricação de endósporos altamente tolerantes as condições edafoclimáticas do ambiente em que estão, sendo assim possuem alta facilidade de armazenamento e reprodução. Ainda conforme os autores, o mesmo gênero possui muitas linhagens citadas como benéficas amplamente difundidas no mundo, incluindo *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus licheniformis*. As bactérias *B. amyloliquefaciens* e *B. Licheniformis* têm ampla aptidão de produzir enzimas com espectro de ação fitossanitárias e fitormônais consequentemente pela regulação do desenvolvimento do vegetal (MURAS et al., 2021; ABREU et al., 2022).

2.4. Nanofertilizantes como atenuantes do estresse hídrico

Outra estratégia que tem sido considerada para atenuar o estresse hídrico nas culturas é o uso da nanotecnologia, que tem revolucionado a agricultura em diversas áreas do conhecimento, a exemplo dos nanofertilizantes (GHOLINEZHAD, 2017; AHMADIAN et al., 2021). Os nanofertilizantes são constituídos por nanopartículas contendo macro e, ou micronutrientes de plantas, com tamanho entre 1 e 100 nm. Estes materiais possuem características físicas e químicas distintas dos fertilizantes convencionais (MOSA et al., 2021), a exemplo de sua elevada superfície específica, reatividade e capacidade de interação com biomoléculas, podendo resultar numa maior absorção de nutrientes como ferro (Fe), zinco (Zn) e elementos benéficos como o selênio (Si).

Uma das vantagens dos nanofertilizantes é o aumento da biodisponibilidade de micronutrientes para as plantas como o Fe e Zn, com taxa de liberação gradual. Estes nutrientes geralmente são encontrados em baixa concentração em áreas cultivadas com hortaliças de regiões semiáridas devido aos processos de precipitação química devido ao pH elevado (geralmente superior a 6,5). Nestas áreas, os nanofertilizantes podem atuar como produtos de biofortificação eficazes e eficientes, melhorando a qualidade nutricional do produto colhido (AHMADIAN et al., 2021). Outra vantagem, é que estes materiais não agridem o ambiente, uma vez que não deixam resíduos tóxicos no solo, água, planta ou qualquer outro compartimento ambiental (ZULFIQAR et al. 2019). A eficiência dos nanofertilizantes tem sido comprovada em algumas pesquisas. Garcia-Lopez et al. (2019) observaram um significativo aumento do número de frutos, massa de frutos e sólido solúveis em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) com a aplicação foliar de nanopartículas de ZnO na concentração de 1,0 g/L de Zn em comparação com a mesma concentração de Zn na forma de sulfato de zinco (fonte usual de Zn).

O efeito atenuante do estresse hídrico dos nanofertilizantes foram observados em algumas pesquisas. Gholinezhad (2017) observaram, em plantas de endro (*Anethum graveolens* L.) que aplicação de nanofertilizante de ferro aumentou a produção de biomassa seca e o rendimento de óleo essencial, assim como diminuiu os efeitos negativos do estresse hídrico sobre a cultura.

Da mesma forma, Ahmadian et al. (2021) avaliaram o efeito de nanopartículas de silício, zinco e boro quando aplicado via foliar na cultura do trigo, na concentração de 2g/L, em condição de adequado suprimento de água (100% da necessidade hídrica e de déficit hídrico (50% da necessidade hídrica). Neste estudo, as nanopartículas promoveram aumento da produtividade de grãos, altura de plantas e promoveram um aumento da atividade de enzimas

relacionadas com a atenuação do estresse hídrico como a SOD (superóxido dismutase). Neste sentido, a atenuação do estresse hídrico por nanopartículas de zinco (100 mg/L) tem sido atribuído ao aumento da atividade de enzimas antioxidantes como a SOD, catalase e peroxidases e pela modulação dos níveis de hormonais associados com os estresses abióticos, como observado por Sun et al. (2021) em plantas de milho, aliviando os danos na mitocôndria e nos cloroplastos provocados pela seca. Nesta direção, Linh et al. (2020) observaram que nanopartículas de Fe, Zn, Cu e Co foram capazes de atenuar o estresse hídrico em soja pelo aumento da transcrição de genes induzidos pelo déficit hídrico que codificam para biomoléculas atenuantes deste estresse abiótico.

De acordo Semida et al. (2021) os dados resultantes do seu estudo, a aplicação foliar de nanopartículas de óxido de zinco (ZnO NP) mostrou ótimos resultados para berinjela cultivada em solos salino. Os resultados positivos viram principalmente da melhor aquisição de macro e micronutrientes, possibilitando o aumentando o teor relativo de água (RWC), reduzindo os danos à membrana celular (MSI), resultando no aumento das características anatômicas das folhas e caules das berinjelas. Todas essas variáveis agregaram coletivamente para um maior desenvolvimento e produtividade da berinjela cultivada sob déficit de hídrico. É importante salientar que a utilização de ZnO NP como aplicação foliar para berinjela otimizou o rendimento de água. Assim, com as descobertas pode melhorar a utilização forma o ZnO NP (100 ppm) que mostrou resultados positivos em relação ao estresse hídrico na produção de berinjela na agricultura de sequeiro (SEMIDA et al., 2021).

Neste sentido, os nanofertilizantes são classificados no base da categorização de nutrientes. Portanto, existem classicamente dois tipos de nanofertilizantes, ou seja, nanofertilizantes de micronutrientes e nanofertilizantes de macronutrientes (SANZARI et al., 2019). Além disso, a associação de nanofertilizantes com BPCP também tem sido considerado como uma outra estratégia importante e frequentemente tem sido considerado como nano-biofertilizante (MARDALIPOUR, 2014; KUMARI & SINGH, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em condições de campo, em área pertencente a Fazenda Experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’ do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus* de Pombal-PB.

A sede da Fazenda Experimental localiza-se no município de São Domingos, à 30 km do município de Pombal (PB). O município situa-se na região Oeste do Estado da Paraíba, mesorregião do Sertão Paraibano e microrregião de Sousa. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Aw', quente e úmido com chuvas de verão-outono, precipitações pluviométricas anuais em torno de 800 mm e amplitude térmica sempre inferior a 5°C. A Fazenda Experimental situa-se à 190 m altitude sob as coordenadas: Latitude 6° 50' 4" Sul, Longitude 37° 53' 9" Oeste. Segundo a classificação de Gaussen, prevalece o bioclima do tipo Mediterrâneo, ou nordestino de seca média, com estação seca de 4 a 6 meses. A vegetação do entorno é do tipo caatinga hiperxerófila, em avançado estágio de degradação. O solo da área experimental foi classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO (EMBRAPA, 2019).

Os dados climatológicos da área foram coletados no site do Agritempo (Figura 1), contendo precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (C°), e umidade relativa do ar (%), sendo os dados referêntes a um intervalo de 15 dias no período de condução do experimento.

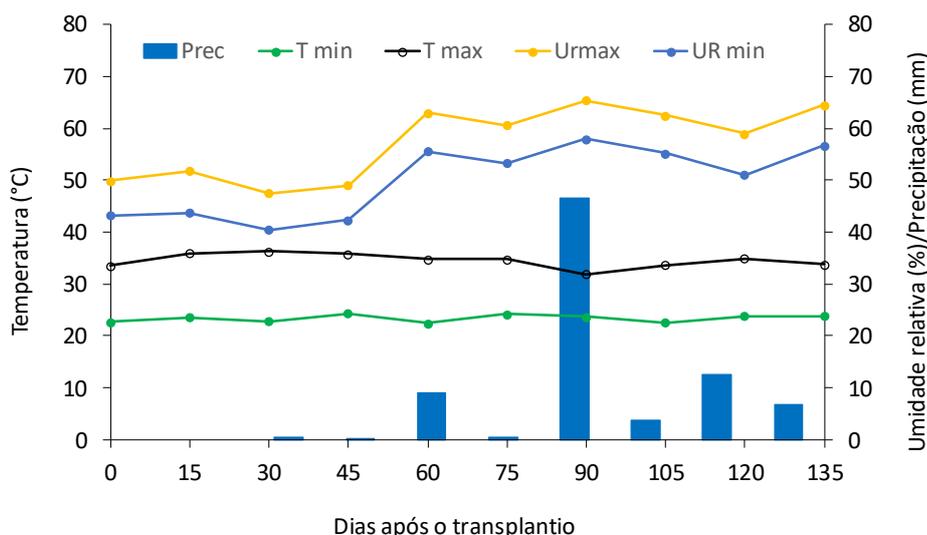


Figura 1. Dados climatológicos de temperatura (C°), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período experimental no campo (AGRITEMPO, 2023).

3.2. Tratamentos e delineamento estatístico

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no espaço, onde as parcelas compreenderam lâminas de irrigação (50% e 100% da evapotranspiração potencial -Eto) e as subparcelas por cinco tratamentos compostos pela combinação de nanopartículas de óxido de zinco (NPZnO) e, ou bioinoculantes (Bio) contendo bactérias benéficas (C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio, com quatro blocos (repetições).

3.3. Produção de mudas

As mudas de berinjela (*Solanum melongena* L.), cv ‘Ciça’, foram produzidas em bandejas plásticas com 200 células cada uma com volume volume de 18 cm³, substrato comercial Basaplant®. Após o processo de sanitização das bandejas com detergente e hipoclorito de sódio, as bandejas foram lavadas em água corrente e secas. Posteriormente, foi adicionado o substrato nas células, e em seguida o semeio com uma semente por célula, que foram levadas para casa de vegetação situada no Campus do CCTA e ficaram sob uma bancada (Figura 2A).

A emergência ocorreu 7 dias após o semeio (Figura 2D). Aos 22 dias após a emergência as plantas receberam a aplicação de solução nutritiva com sulfato de amônio: 1,3g/10L e fosfato de potássio: 1,72g/10L, sendo aplicada nas mudas dia sim dia não até a data de transplântio (Figura 2C). Com 29 dias após a emergência foi aplicado uma segunda solução nutritiva (Figura C) uma vez por semana até o dia do transplântio contendo: Ca(NO₃)₂ 4H₂O - 12 g/10L; FeSO₄ 7H₂O - 0,25 g/L; mais 10 mL da solução estoque de micronutrientes (10mL/10L) contendo: H₃BO₃ - 2,86 g/L; MnCl₂ 4H₂O - 1,8 g/L; ZnSO₄ 7H₂O - 0,22 g/L, todas as aplicações das soluções foram realizadas na água de irrigação com o irrigador manual, seguindo a orientação do orientador.

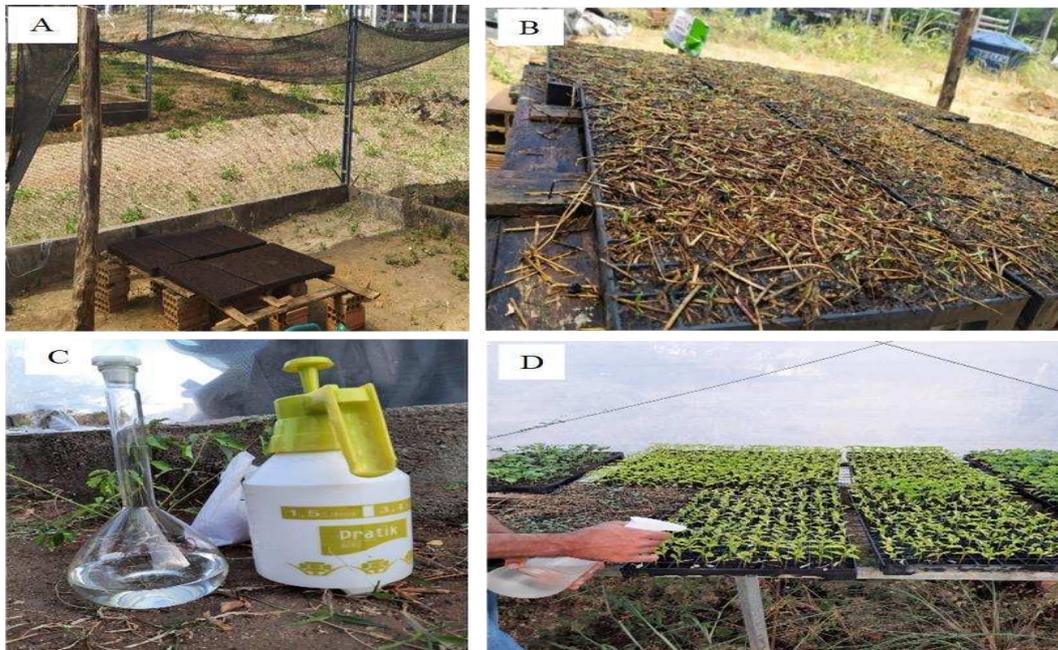


Figura 2 Disposição das bandejas após a semeadura (A), uso de cobertura morta sobre as bandejas (B), aplicação de solução nutritiva (C) e emergências das plântulas (D).

3.4. Preparo da área para o transplântio

O preparo da área foi constituído de uma aração e uma gradagem com grade aradora (Figura A). Antes do preparo do solo, uma amostra composta por 15 subamostras foi obtida na camada de 0 a 20 cm para sua caracterização química e física (Tabela 1) conforme procedimento descritos em (EMBRAPA, 2011).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-20 cm do solo PLANOSSOLO HÁPLICO utilizado no experimento.

Atributos químicos								
pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	P	M.O	V
(CaCl ₂)	-----cmol _c dm ⁻³ -----					mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%
6,20	1,19	0,54	5,80	3,40	2,30	291	6,40	83
Atributos físicos								
Areia	Silte	Argila	DS	DP	Pt	CC	PMP	AD
-----g kg ⁻¹ -----			----g cm ⁻³ ----			-----%-----		
444	353	203	1,4	2,65	47	12,87	5,29	7,58

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich⁻¹; H⁺+Al³⁺: Extrator acetato de Ca⁺² 0,5 mol/L a pH 7; Ca⁺², Mg⁺²: Extrator KCl 1 mol L⁻¹; Ds = Densidade do solo; Dp = Densidade de partícula; Pt = Porosidade total; Mo = Matéria orgânica; V (%) = valor de saturação por bases (100 × SB / CTC); PST (%) = Porcentagem de sódio trocável (100 × Na⁺/CTC). CC = capacidade de campo; PPM = Ponto de murcha permanente; AD = água disponível.

De posse da análise de solo (Tabela 1), foi executada a recomendação de adubação para a cultura, com os ajustes necessários de acordo com as doses fósforo estabelecidas. As doses de fósforo foram aplicadas em dose única e incorporada ao solo por ocasião do levantamento das leiras de plantio, nas leiras, medindo 0,4 m de largura e 0,30 m de altura (Figura 3A).

As plantas foram transplantadas no espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,8 m entre plantas da fileira. Cada subparcela foi constituída de quatro linhas de 3,6 m de comprimento nas quais foram cultivadas 20 plantas. A parcela útil consistiu de uma área de uma área de 3,0 m x 3,0 m na parte central da parcela, onde vieram a ser avaliadas 20 plantas. Na instalação dos experimentos, houve um espaço de 1,2 m entre subparcelas e 2,0 m entre os blocos. O controle de plantas daninhas realizou-se, de forma manual. A adubação básica de plantio (Figura B) e de cobertura, com base na análise do solo, foram realizadas de acordo com as recomendações do Manual de Recomendação de Adubação para o Estado de Pernambuco (CAVALCANTE, 2008), a partir da interpretação da análise de solo da área do experimento. As adubações nitrogenadas e potássicas foram aplicada via fertirrigação, seguindo um cronograma de aplicação das fontes de acordo com as recomendações técnicas para as culturas, que consideram a marcha de absorção e a relação N/K ao longo do seu ciclo.



Figura 3. Preparo da área com grade aradora e levantamento das leiras (A), adubação de plantio (B), instalação (C) e teste do sistema de irrigação (D).

3.5. Aplicação dos tratamentos

Para os tratamentos contendo nanofertilizante empregou-se no preparo do nanofertilizante de zinco o produto p.a nano-óxido de zinco (NZnO) da marca Sigma-Aldrich® que tem 97% de pureza, granulometria de tamanho menor que 100 nm e superfície específica de 10,8 m²/g. No tratamento com ZnSO₄ 7H₂O foi utilizado fonte p.a. A dose de NPZn foi de 78g/ha, considerando uma população de 10.416 plantas por hectare (espaçamento de 0,8 m x 1,2 m) e um volume médio de 30 mL por planta (312 L de calda por ha). A dose de ZnSO₄ 7H₂O foi de 6,5 kg/ha, com aplicação de 30 mL por planta de uma solução contendo 4,54g/L de ZnSO₄ 7H₂O).

Os tratamentos referentes a bioinoculação, foram aplicados utilizando os produtos comerciais Biobaci® contendo *Bacillus subtilis* BV-09 na concentração nominal de 1,0 x 10⁸ UFC/mL o produto No-Nema® contendo *B. amyloliquefaciens* foi na concentração de 1,0 x 10⁹ UFC/mL. Ambos os produtos foram aplicados na zona radicular, cada um na dose de 3 L/ha. Antes de sua aplicação, os produtos foram diluídos em água na razão de 45 mL/L. As suspensões obtidas diluição foram aplicadas na zona radicular das plantas dos tratamentos com Bio, na dose de 50 mL por planta

3.6. Manejo das lâminas de irrigação

Depois do preparo da área iniciamos a montagem do sistema de irrigação por

gotejamento (Figura A), os quais contemplaram duas lâminas de irrigação com 100% e 50%, na montagem das áreas que eram na lâmina de 50% utilizou-se registros para cessar a passagem da água para as plantas da mesma.

Após o transplante a cultura foi irrigada por gotejamento (Figura B), com gotejadores espaçados de 0,20 m e com vazão real de 1,5 L/h, sendo a lâmina de 100% ligada por 2 horas e a de 50% (Figura C), ligada por 45 minutos. Após a padronização do número de plantas por subparcela aplicou-se os tratamentos, as plantas foram irrigadas por dois níveis de irrigação (50% e 100% da evapotranspiração potencial -Eto).

A irrigação total necessária (ITN) foi calculada pela seguinte expressão:

$$ITN = \frac{(C_c - P_m) \times Z \times D_s \times f}{10}$$

Em que:

ITN - corresponderá a lâmina total inicial de água a ser aplicada em mm;

C_c – Umidade do solo correspondente a capacidade de campo, %;

P_m – Umidade do solo correspondente ao ponto de murcha, %;

Z - profundidade efetiva do sistema radicular da berinjela (50 cm);

D_s - densidade do solo, g/cm³, e;

f – fator de disponibilidade de água para a berinjela (0,5).

Os testes de uniformidade de aplicação de água foram realizados de acordo com a metodologia de avaliação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por (CHRISTIANSEN, 1942).

O controle do volume de água fornecido em cada lâmina foi executado diariamente, em horário padronizado, de acordo com a razão da vazão dos gotejadores pelo tempo para atingir as proporções da evaporação de referência (ET_c). Na medida em que foi atingido o intervalo de tempo para cada volume das respectivas lâminas, foram feitos os sucessivos desligamentos das fitas de gotejadores, correspondentes a cada lâmina. A lâmina de irrigação correspondente a 100% foi obtida por meio do cálculo da ET_c, conforme a seguinte expressão (JESSEN, 1968):

$$ET_c = K_c * ETo$$

Em que:

ET_c - Evapotranspiração da cultura, mm/dia;

ETo - Evaporação de referência, mm/dia, e;

K_c - Coeficiente de cultura (adimensional).

Os valores de K_c adotados para cada cultura em função das suas fases fenológicas, e os valores diários da ETo foram coletados de acordo com o modelo FAO Penman-Monteith (Allen

et al., 1998). Durante a condução do experimento os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica automática do município de São Gonçalo, Paraíba, por ser a mais próxima ao local do experimento, através do site (AGRITEMPO, 2023; SISDAGRO, 2023).

O fornecimento diário das lâminas de irrigação foi desenvolvido por meio do tempo de irrigação considerando as características do sistema de cultivo e do sistema de irrigação conforme a seguinte expressão:

$$T_i = \frac{E_{to} \cdot K_c \cdot A}{E_a \cdot n \cdot q}$$

T_i - tempo de irrigação, horas;

E_{to} - Evaporação de referência, mm/dia;

K_c - Coeficiente de cultura (adimensional);

A - área ocupada por uma planta, m²;

n - número de gotejadores por planta;

q - vazão do gotejador, L/h, e;

E_a – eficiência da aplicação (0,90).

3.7. Tratos culturais

Para o tutoramento horizontal, foi utilizado estacadas de sabiá (Figura 4A) e varas de marmeleiro (Figura 4B) medindo em média 1,60 m de comprimento. As varas foram espalhadas nas linhas, deixando as estacas nas pontas e por leirão totalizando 2 estacas e 4 varas sendo colocadas a cada 5 metros. Aos 45 dias após o transplântio foi realizado a amarração dos fitilhos nas varas finalizando o tutoramento das plantas (Figura 4C), proporcionando uma melhor sustentação das plantas, no período da frutificação, pois as cargas dos frutos geram peso sobre a planta.





Figura 4. Estacas de sabiá (A), varas de marmeleiro (B), Plantas já tutoradas com fitilhos (C, D).

3.8. Adubação de cobertura

A adubação de fundação foi realizada no dia antes do transplântio, quatro adubações de cobertura foram feitas ao longo do ciclo da cultura, na adubação de cobertura foram utilizadas como fonte de nitrogênio uréia e potássio KCl, as doses foram recomendadas para todos os blocos de modo uniforme, a primeira com 3 kg de uréia ou 34,5 kg/ha e 2,6 kg ou 30 kg/ha de KCl realizada aos 15 dias após o transplântio (DAT) (Figura 5A), de acordo com a recomendação de adubação para o estado de Pernambuco para a cultura da berinjela, segunda com 3 kg ou 34,5 kg/ha de uréia aos 30 DAT, terceira com 3 kg de uréia ou 34,5 kg/ha e 2,6 kg ou 30 kg/ha de KCl aos 45 DAT e a quarta com 3 kg de uréia ou 34,5 kg/ha 60 DAT. As adubações de cobertura foram aplicadas na fertirrigação (Figura 5B).



Figura 5. Pesagem dos fertilizantes (A), tanque de mistura para fertirrigação (B).

3.9. Controle fitossanitário

Evitou-se o uso de produtos químicos fitossanitários para não haver qualquer interferência sobre a ação dos produtos contendo bactérias promotoras do crescimento vegetal, que foram testados. O controle de plantas daninhas principalmente a tiririca (*Cyperus rotundus*), foi realizado mecanicamente, de forma manual e com o uso de enxadas manuais. Para o controle de pragas e doenças, não houver necessidade, pois a cultura apresentou resistência a pragas e doenças.

3.10. Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas a partir de uma amostra de cinco plantas por parcela coletadas da área útil no período do florescimento com 42 DAT (dias após o transplante) e no período de produção com 57 DAT, tendo as seguintes variáveis analisadas:

a) altura de planta

Foi avaliado em dois períodos: florescimento e produção com o auxílio da fita métrica, medindo a distância entre o colo da planta rente ao solo até o broto do ramo principal;

b) diâmetro do caule

Foi avaliado em dois períodos de avaliações: florescimento e produção com o auxílio do paquímetro digital nas partes logo acima do colo da planta;

c) índice de área foliar (IAF)

Foi medido aos 42 DAT, com o auxílio do AccuPAR LP-80 ceptômetro, o qual é baseado na medição da área fotossinteticamente ativa, nos horários entre 10:00 as 15:00h.

c) Produtividade

Após a colheita, os frutos foram encaminhados para o laboratório de pós-colheita do CCTA/UFMG para a realização da separação e pesagem (Figura 6B). Foram realizadas duas colheitas (1º em 13/12/2022 e 2º em 23/01/2023). Em cada colheita, foi considerado a produtividade de frutos comerciais, frutos não comerciais e produtividade total. A produtividade de cada tipo de fruto (comerciais e não comerciais) foi obtida pela soma dos pesos dos frutos de cada parcela útil, obtido nas duas colheitas, extrapolando-se os valores da área útil para um hectare. Foi utilizada balança eletrônica com precisão de 0,001 kg. Foram considerados frutos comerciais (15 a 20 cm) com características bem definidas, bem formadas, limpa, com coloração uniforme, livre de danos mecânicos, fisiológicos de pragas e doenças (HENZ; MORETTI; MATTOS, 2006).



Figura 6. Berinjelas recém-colhidas que foram para o laboratório (A), berinjelas prontas para pesagem e medição (B).

3.11. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, o diâmetro do caule na fase de produção (Diâm prod) e a produção total de frutos (PTF) foram influenciados de forma isolada, pelos tratamentos atenuantes do déficit hídrico e pelas lâminas de irrigação (Tabela 2). A produção de frutos comerciais (PFC) foi influenciada pelos tratamentos atenuantes do déficit hídrico, pelas lâminas de irrigação e pela interação entre estes dois fatores.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de plantas no florescimento (Alt floesc), altura na fase de produção (Alt prod), diâmetro do caule no florescimento (Diam floesc), diâmetro do caule na fase produção (Diam prod), índice de área foliar (IAF), produção total de frutos (PTF), produção de frutos não comerciais (PFNC) e produção de frutos comerciais (PFC)

Fator de variação	GL	Quadrados médios			
		Alt. floesc	Alt. prod	Diâm floesc	Diâm prod
Blocos	3	166,722667	746,380000	13,906423	3,998360
Lâmina (L)	1	24,336000 ^{ns}	268,324000 ^{ns}	0,844484 ^{ns}	15,747740 [*]
Erro 1	3	96,280000	71,105333	1,625870	1,103112
Tratamentos (T)	4	19,976500 ^{ns}	40,744000 ^{ns}	0,261812 ^{ns}	6,987693 [*]
L x T	4	18,888500 ^{ns}	31,924000 ^{ns}	0,231968 ^{ns}	3,122153 ^{ns}

Erro 2	24	24,917167	31,122667	2,477420	1,984802
CV 1 (%)	-	15,09	9,44	8,40	4,91
CV 2 (%)	-	7,67	6,25	10,36	6,58
		IAF	PTF	PFNC	PFC
Blocos	3	1,78193	2,269132	0,920430	0,436373
Lâmina (L)	1	2,67630 ^{ns}	26,040554*	0,092756 ^{ns}	23,024980**
Erro 1	3	1,14227	0,958672	0,615364	0,191830
Tratamentos (T)	4	0,35313 ^{ns}	8,199569*	2,534234 ^{ns}	4,644507**
L x T	4	0,56832*	4,652776 ^{ns}	3,091738 ^{ns}	3,427484**
Erro 2	24	0,19860	1,959285	1,423168	0,530521
CV 1 (%)	-	42,05	9,37	11,23	12,66
CV 2 (%)	-	17,54	13,40	17,08	21,06

GL- grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; *significativo em nível de 0,05 de probabilidade; ** significativo em nível de 0,01 de probabilidade; ns não significativo.

A altura de planta na fase de florescimento não sofreu qualquer alteração dos tratamentos nas duas lâminas de irrigação (Figura 7A). Na fase de produção, a altura de planta não foi influenciada pelos tratamentos de atenuantes de déficit hídrico, mas no tratamento controle, esta variável sofreu redução na lâmina de 50% da Eto (Figura 7A). Estes resultados divergem dos observados por Moura et al. (2014), que observaram diminuição do crescimento em altura da berinjela sob lâminas de irrigação variando de 0,25 a 0,85 da evaporação do tanque Classe A. Por outro lado, Carvalho et al. (2004) observou aumento da altura de plantas com a diminuição das lâminas de irrigação no intervalo de 80% a 40% da evapotranspiração da cultura da berinjela, aos 60 dias após o transplante. Embora o déficit hídrico geralmente diminua o crescimento das plantas (DAMASCENO et al., 2022), a altura de plantas e diâmetro do caule é menos influenciada pelo déficit hídrico que a produtividade de frutos (BILIBIO et al., 2010; SILVA, 2017).

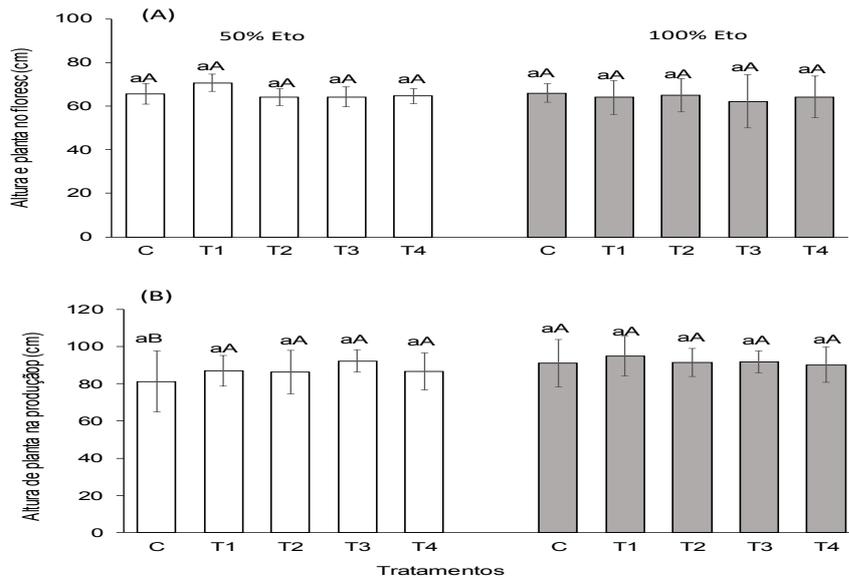


Figura 7. Altura de planta no florescimento (A) e na fase de produção da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) dentro de cada lâmina de irrigação e letras maiúsculas comparam as lâminas de irrigação dentro de cada tratamento (T) pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O diâmetro do caule na fase de florescimento também não foi afetado pelos tratamentos atenuantes do déficit hídrico nem pelas lâminas de irrigação (Figura 8). Na fase de produção, independentemente da lâmina de irrigação (Figura 9A) o diâmetro do caule foi superior no T3 (NPZnO via foliar + Bio), mas sem diferir de C e T1 (ZnSO₄ via foliar). Independentemente dos tratamentos sob a lâmina de 50% Eto diminuiu o diâmetro do caule da berinjela em apenas 5,6% (Figura 9B). Silva (2017) observou que o déficit hídrico de 50% Eto não afetou as variáveis altura e diâmetro do caule da berinjela. Apesar de o déficit hídrico interferir negativamente no metabolismo geral da planta, e por conseguinte, no seu crescimento (TAIZ, E ZEIGER, 2015), a escassez de água diminuiu mais acentuadamente variáveis como índice de área foliar e produtividade (MOURA et al., 2014; SILVA, 2017).

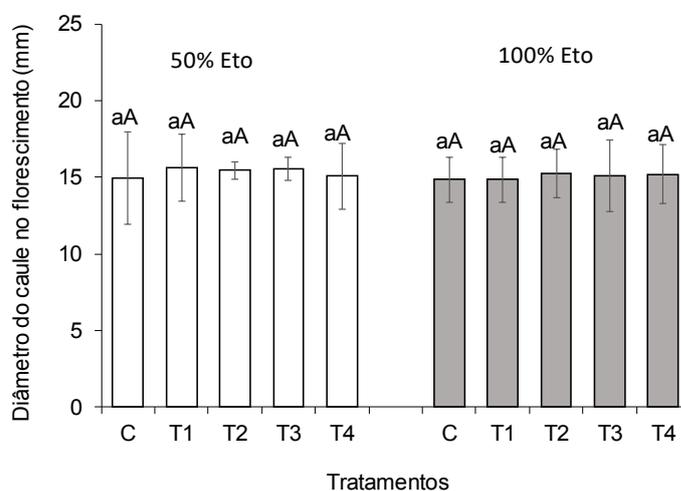


Figura 8. Diâmetro do caule na fase de crescimento da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) dentro decada lâmina de irrigação e letras maiúsculas comparam as lâminas de irrigação dentro de cada tramento (T) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

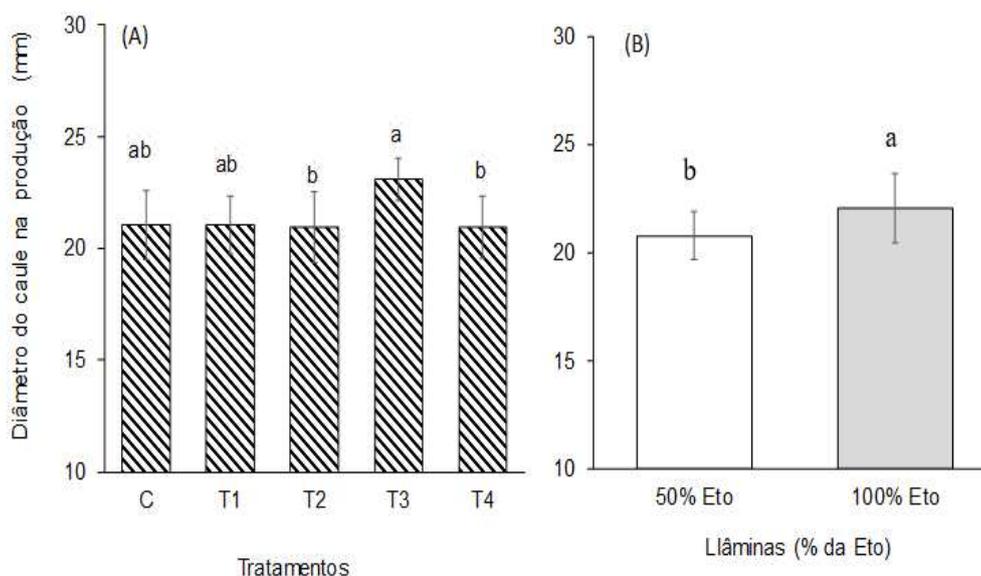


Figura 9. Diâmetro do caule na fase de crescimento da berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) ou as lâminas de irrigação pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No C e T4, o índice de área foliar (IAF) foi semelhante entre os níveis de irrigação (Figura 10), enquanto nos demais tratamentos, o nível de 100% da ETo proporcionou os maiores valores de IAF. Em média, o déficit hídrico diminuiu o IAF em 23%. A diminuição da área foliar é um mecanismo de defesa das plantas quando submetidas ao déficit hídrico, como forma de diminuir a perda de água por evapotranspiração (TAIZ, E ZEIGER, 2015). O índice de área foliar não foi influenciado pelos tratamentos atenuantes de déficit hídrico sob a lâmina de 50% da ETo (Figura 10). Na lâmina de 100% da Eto, T1 e T3 proporcionaram os maiores valores para esta variável em relação ao tratamento controle, mas sem diferir de T2 e T4. Em média, T1 e T3 proporcionaram um incremento de 30% em relação a C. O zinco (presente nos em T1) é um micronutriente envolvido diretamente com a síntese de triptofano, que é um precursor do AIA (ácido indol acético) e também está envolvido diretamente com o processo de divisão celular, fato que pode ter contribuído com este efeito positivo sobre o IAF da berinjela (MARSCHNER, 2012). Contudo, o efeito estimulante do zinco não foi manifestado

na lâmina de 50% da Eto e, portanto, este nutriente não atenuou o efeito negativo déficit hídrico sobre o IAF na berinjela.

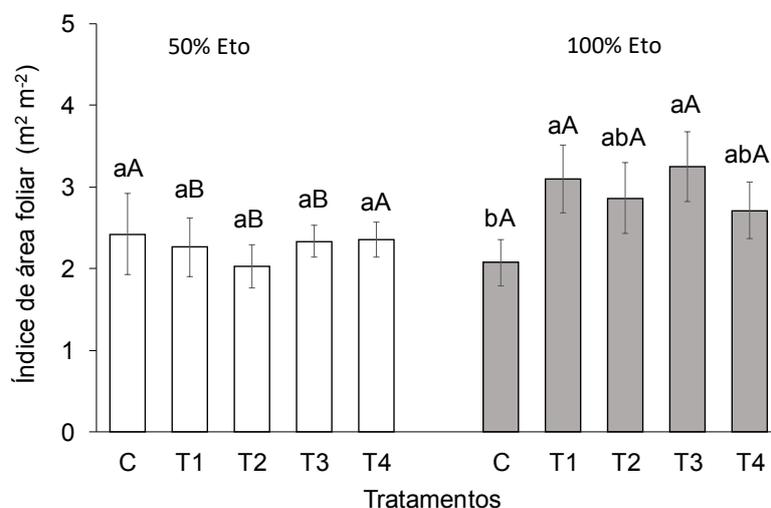


Figura 10. Índice de área foliar em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) dentro decada lâmina de irrigação e letras maiúsculas comparam as lâminas de irrigação dentro de cada tramento (T) pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Considerando-se apenas o efeito das lâminas de irrigação, observou-se decréscimo de 14,3% da produtividade total de frutos devido ao déficit hídrico (Figura 11A). Esse efeito também foi observado em outros trabalhos com a cultura da berinjela (MOURA et al., 2014; SILVA, 2017). Este efeito é provavelmente devido a diminuição da taxa fotossintética pelo fechamento dos estômatos e redução das trocas gasosas (SILVA et al., 2015; SOUSA et al., 2022). Independentemente da lâmina de irrigação, a produção total de frutos foi inferior no C, que não diferiu de T2 (Figura 11B). T1, T3 e T4 continham na sua composição zinco, NPZn ou bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Estes componentes, possivelmente proporcionaram efeitos estimulantes sobre as plantas de berinjela que levaram ao aumento de produtividade de frutos totais. Como já mencionando, o zinco está envolvido no processo de divisão celular e crescimento de raízes, o que pode favorecer a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Por outro lado, BPCP podem produzir auxinas como o ácido indol acético, aumentando o comprimento das raízes das plantas, conduzindo assim a uma maior absorção de água e nutrientes do solo (LUO et al., 2021). Neste sentido, VINCI et al. (2018) observaram que a inoculação do milho com *Bacillus amyloliquefaciens* aumentou a absorção de nutrientes e promoveu mecanismos de crescimento em plantas como o aumento da concentração de aminoácidos como triptofano, isoleucina, alanina, valina, tirosina e açúcares como frutose e

glicose. Por outro lado, o efeito positivo de NPZnO como atenuante do estresse tem sido atribuído ao aumento da atividade de enzimas antioxidantes como a SOD, catalase e peroxidases e pela modulação dos níveis de hormonais associados com os estresses abióticos (SUN et al., 2021).

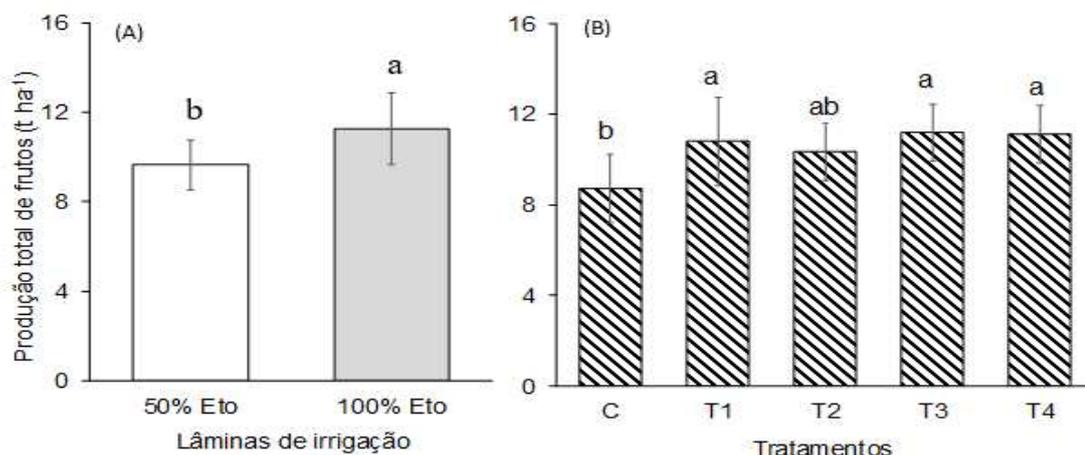


Figura 11. Produção total de frutos de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) ou as lâminas de irrigação pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A produção de frutos não comerciais sofreu diminuição do déficit hídrico apenas no T3 (Figura 12), enquanto nos demais tratamentos, as lâminas de irrigação proporcionaram valores semelhantes desta variável. Dentro da lâmina de irrigação correspondente a 50% da Eto, T1, T2 e T4 aumentaram a produção de frutos não comerciais em relação ao controle, enquanto que na lâmina de 100% da Eto, os tratamentos atenuantes do déficit hídrico não diferiram entre si.

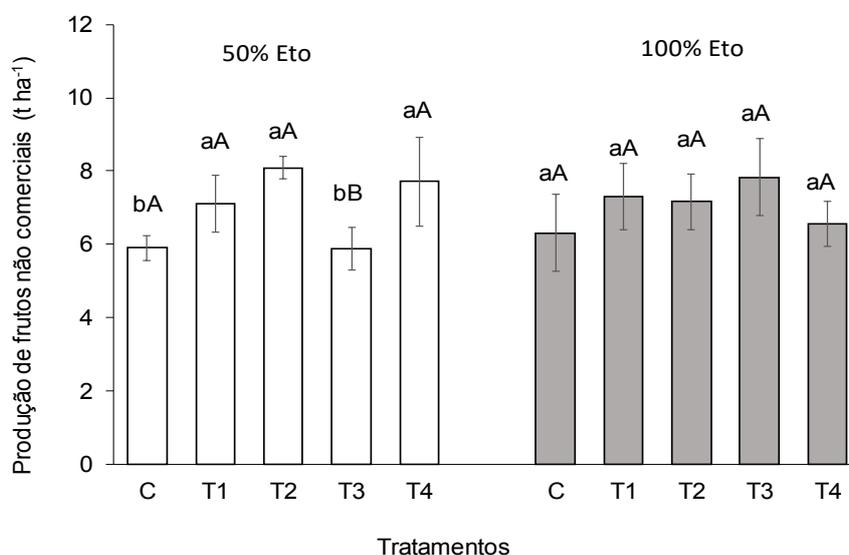


Figura 12. Produção de frutos não comerciais de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) dentro decada lâmina de irrigação e letras maiúsculas comparam as lâminas de irrigação dentro de cada tramento (T) pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A produção de frutos comerciais, em média diminuiu 28% devido ao déficit hídrico, entretanto a magnitude da redução variou conforme os tratamentos atenuantes do déficit hídrico (Figura 13). Sob a lâmina de 50% da Eto, T1 e T3 foram superiores a C e ao T4 e semelhante ao T2. Sob a lâmina correspondente a 100% da Eto, os tratamentos atenuantes do déficit hídrico foram superiores ao controle, com destaque para os T3 e T4, que foram superiores aos demais tratamentos. Na comparação das lâminas de irrigação, dentro de cada tratamento atenuante do déficit hídrico, a lâmina de 100% da Eto foi superior em T2, T3 e T4. Os T3 e T4 promoveram aumento médio de 93% em relação ao C.

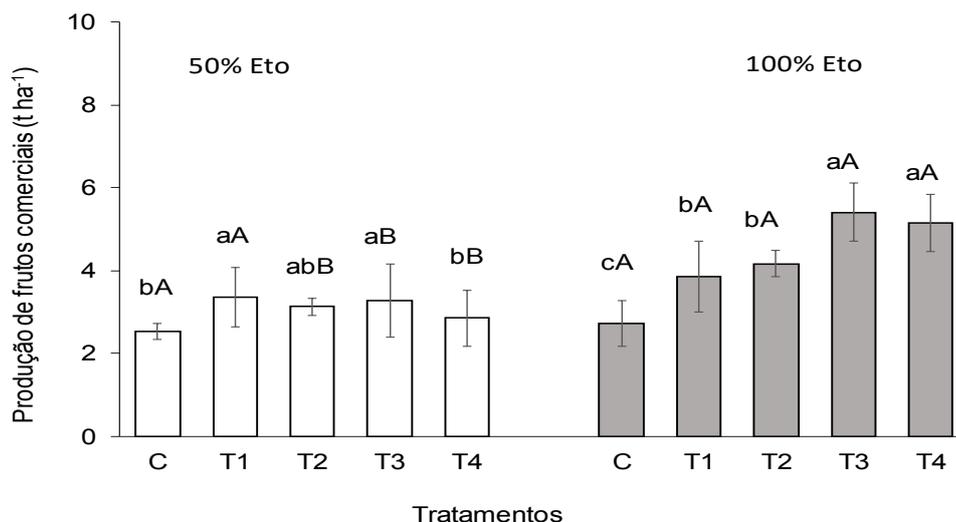


Figura 13. Produção de frutos comerciais de berinjela em função dos tratamentos atenuantes do déficit hídrico sob irrigação plena (100% da Eto) e déficit de irrigação (50% da Eto). C = controle, T1 = ZnSO₄ via foliar, T2 = NPZnO via foliar, T3 = NPZnO via foliar + Bio, T4 = ZnSO₄ via solo + Bio. Letras minúsculas comparam os tratamentos (T) dentro decada lâmina de irrigação e letras maiúsculas comparam as lâminas de irrigação dentro de cada tramento (T) pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O déficit hídrico, proporciona diminuição da área foliar, causando redução da taxa fotossintética e fotoassimilados (SOUSA et al., 2022) por conseguinte, da produção de frutos comerciais e não comerciais (SILVA et al., 2015; SILVA, 2017). A aplicação via foliar de produtos contendo zinco, BPCP e nanopartículas de óxido de zinco, incrementaram o índice de área foliar e a produção de frutos da berinjela, especialmente sob a lâmina de irrigação

equivalente à 100% da Eto, enquanto na lâmina de 50% da Eto, este efeito foi pouco pronunciado. Este fato indica que, embora os produtos testados possam atuar como estimulantes das plantas, seu efeito como atenuante do déficit hídrico, na cultura da berijela parece ser limitado.

5. CONCLUSÕES

1. O crescimento em altura e em diâmetro da berinjela foi pouco afetado pelo déficit hídrico, tratamentos contendo sulfato de zinco, nano óxidos de zinco (NPZnO) e bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP).
2. O déficit hídrico, em média diminuiu o índice de área foliar em 23%, a produção total de frutos em 14% e a produção de frutos comerciais em 28%.
3. Os tratamentos T3 (NPZnO via foliar + BPCP) e T4 (ZnSO₄ via solo + BPCP) incrementaram a produção de frutos em cerca de 93%, quando as plantas foram cultivadas sem restrição hídrica.
4. Os tratamentos contendo sulfato de zinco, NPZnO e BPCP não atenuaram o déficit hídrico imposto a berinjela.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, Luciana Paiva santos; MARTINAZZO, Ana Paula.; TEODORO, Carlos Eduardo de Souza; BERBERT, Pedro Amorim. **Alternativa sustentável de uso de *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão.** Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v. 16, p. 01-15, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v16i1.8339>.

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico:** Estações meteorológicas para o estado de PB. Disponível em <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estacao/index.jsp?siglaUF=PB>. Acesso em: 04/05/2023.

AHMADIAN, Kamiar; JALILIAN, Jalal; PIRZAD, Alireza. Os nanofertilizantes melhoraram a tolerância à seca em trigo sob irrigação deficitária. **Gestão de Água Agrícola**, v. 244, p. 106544, 2021.

AKHTAR, S.S. et al. *Bacillus licheniformis* FMCH001 increases water use efficiency via growth stimulation in both normal and drought conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 297, 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.00297.

ALENCAR, Kamila Mendes Batista. **Avaliação do efeito da inoculação de microorganismos nos processos fisiológicos de soja submetidas à seca.** 2023.

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
ANTONINI ACC; ROBLES WGR; NETO JT; KLUGE RA. 2002. **Capacidade produtiva de cultivares de berinjela.** Horticultura Brasileira 20: 646-648.

ARRIERO, S. S. **Crescimento e produção da berinjela com uso de água de baixa qualidade utilizando gotejamento por pulsos.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo, Cruz das Almas, 2019. Disponível em: https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses /STEPHANIE_SOARES_ARRIERO.pdf. Acesso em: 10 out. 2020.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. de A.; MARTINS, M. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.;

GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v. 14, p. 730-735, 2010.

CAMARGO GSM (2019) Ação de *Trichoderma* sp. e *Bacillus subtilis* associado a Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. 36f. CHAGAS, Lillian França Borges et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 97-102, 1 set. 2017.

CARVALHO, Jacinto de A. et al. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 320-327, 2004.

CAVALCANTE, Henrique Simões. **Produção de milho-verde ‘P3858PWU’ inoculado com *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* no Cerrado Maranhense**. 2022.

CAVALCANTI, F.J.A., coord. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3.ed. Recife, IPA, 2008. 212p.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; BORBA, E.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; OLIVEIRA, R. S.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus* sp. como promotor de crescimento em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 3-4, p. 170-179, 2021. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.22557>

CHAGAS, Lillian França Borges et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017.

CHANDRA, D. et al. Drought-tolerant *Pseudomonas* spp. improve the growth performance of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) gaertn.) under non-stressed and drought-stressed conditions. **Pedosphere**, v.28, n.2, p. 227–240, 2018.

CHAVIRA, G. M. M. et al. Controlled water deficit as abiotic stress factor for enhancing the phytochemical content and adding-value of crops. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 354 – 360. 2018. doi:10.1016/j.scienta.2018.02.049.

CHRISTIANSEN, Jerald Emmett et al. **Irrigação por aspersão**. Berkeley: Universidade da Califórnia, 1942.

DA SILVA, Maria Clara de Andrade Pereira et al. **IMPACTO DA INOCULAÇÃO COM CEPAS DA BACTÉRIA *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE OS PROCESSOS FISIOLÓGICOS DE SOJA EXPOSTA À SECA**. 2019.

DAMASCENO, L.F.; COVA, A.M.W.; GHEYI, H.; ALMEIDA, W.F.; DIAS, J.A.L.; RIBEIRO, S.V. Production and water consumption of eggplant under salt stress and continuous drip and pulse drip irrigation. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 450 – 459, 2022.

DAMASCENO, Lucas Farias et al. taxas de crescimento de berinjela irrigada por gotejamento e pulso utilizando níveis de água salobra. **Irriga**, v. 27, n. 3, p. 567-585, 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em solo. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro. 2011. 225p.

EMBRAPA. **Introduções Técnicas da Embrapa em Hortaliças: Cultivo da Berinjela**.p. 1 – 2, 1998.

FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, E.P.B.; KNUPP, A.M.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. Crescimento de cultivares de arroz influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.3, p.655-665. 2014.

FILGUEIRAS, L.M.B.; MENESES, C.H.S.G. Efeito das bactérias promotoras de crescimento de plantas na proteção contra o estresse hídrico. **Journal of Biology & Pharmacy**, Campina Grande, v.11, n.1, p.21-30, 2015.

FLORES, C. et al. Salinity and water deficit. **The Genus Citrus**, p. 291- 309. 2020. <https://doi.org/10.1016 / b978-0-12-812163-4.00014-0>.

GARCIA-LÓPEZ, J.I. et al. Foliar Application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in *Habanero Peppers*. **Plants**, 2019, v.8, 254, 2019. doi:10.3390/plants8080254.

GHOLINEZHAD, E. Effect of Drought Stress and Fe Nanofertilizer on Seed Yield, Morphological Traits, Essential Oil Percentage and Yield of Dill (*Anethumgraveolens* L.), **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v.20, n.4, p.1006-1017, 2017. doi:10.1080/0972060X.2017.1362999.

GOMES, E. A. et al. **Mecanismos das bactérias promotoras do crescimento de plantas na mitigação dos efeitos do déficit hídrico**. V.1, 234, 2022.

HENZ, G. P.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Manuseio pós-colheita de berinjela**. 2006.

IKUTA H. Produção de sementes híbridas F1 em berinjela. In: **1º Curso de produção e tecnologia de sementes de hortaliças**, Brasília. Palestras...Brasília: EMBRAPA-CNPQ, p.191-192, 1981.

JENSEN, M.E. Water consumption by agricultural plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968. v.2, p.1-22.

JÚNIOR, Dênis Antônio Rocha et al. desenvolvimento de mudas de berinjela em função do uso de extrato de algas (*ascophyllum nodosum* l.). **14º Jornada Científica e Tecnológica e 11º Simpósio de Pós-graduação do IFSULDEMINAS**, v. 14, n. 1, 2022.

KUMARI, R.; SINGH, D.P. Nano-biofertilizer: An Emerging Eco-friendly Approach for Sustainable Agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.90, n.4, p.733–741, 2020. DOI: [10.1007/s40011-019-01133-6](https://doi.org/10.1007/s40011-019-01133-6).

LIM, J-H & KIM, S-D. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. **The Plant Pathology Journal**, v. 29, n.2, p. 201-208, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021>.

LIMA, B.C. *Bacillus subtilis* ameliorates water stress tolerance in maize and common bean. **Journal of Plant Interactions**, v.14, p. 432–439, 2019.

LIMA, L. A.; OLIVEIRA, F. D. A.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p. 27-34, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i1.2202>. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/2202/0>. Acesso em: 5/12/2022.

LIMA, Márcio E. de et al. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 604-610, 2012.

LIN, Yaru; WATTS, Dexter B.; KLOEPPER, Joseph W.; TORBERT, Allen. Influence of plant growth promoting rhizobacteria on corn growth under different fertility sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.49, p.1239–1255, 2018.

LINH, Tran My et al. Nanopartículas à base de metal aumentam a tolerância à seca em

soja. **Journal of Nanomaterials** , v. 2020, p. 1-13, 2020.

LUO, Y. et al. *Sphingomonas sp.* Cra20 increases plant growth rate and alters rhizosphere microbial community structure of *Arabidopsis thaliana* under drought stress. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, 1221, 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01221.

MARDALIPOUR, M.; ZAHEDI, H.; SARGHI, Y. Evaluation of Nano biofertilizer efficiency on Agronomic traits of spring wheat at different sowing date **Biological Forum – An International Journal**, v. 6, n.2, p. 349-356, 2014.

MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; SILVA, H. R. da.; RIBEIRO, C. S. da C. **Irrigação na cultura da berinjela**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 24p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 135).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, 1996. 72p.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; SILVA, Henoque Ribeiro da; MADEIRA, Nuno Rodrigo. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1399-1404, 2006.

MARQUES, D. C. **Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água**. Lavras: UFLA, 55 p., 2003.

MARSCHNER, Petra. Rhizosphere biology. In: **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2012. p. 369-388.

MATOS, CC; COSTA, M.D.; SILVA, IR; SILVA, AA. Competitive capacity and rhizosphere mineralization of organic matter during soil-herb microbiota interactions. **Planta Daninha**, v.37, 2019. [doi:10.1590/s0100-83582019370100007](https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100007).

MENDES, V. C.; QUEIROZ, C. A; SOUSA, T. F.; SILVA, G. F. Tesouros biotecnológicos sob as águas: bacillus sp. apur 37.1 isolado de sedimentos do rio Purus, um eficiente biocontrolador in vitro de diferentes fitopatógenos. In: **Simpósio de Biotecnologia da Universidade Federal DO Amazonas 2022**. Anais. Manaus: EDUA, 2022.

MONTEIRO J.G. et al. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.18-25. 2014.

MOSA, W.F.A. et al. Productivity performance of peach trees, insecticidal and antibacterial bioactivities of leaf extracts as affected by nanofertilizers foliar application. **Scientific Reports**, v.11, p.10205, 2021. DOI:10.1038/s41598-021-89885-y.

MOURA, Débora Candeias Marques; DE ASSUNÇÃO CARVALHO, Jacinto. Efeitos de diferentes lâminas e teores de sais na água de irrigação sobre o desenvolvimento e produção da berinjela. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 35-45, 2014.

MURAS, A.; ROMERO, M.; MAYER, C.; OTERO, A. **Biotechnological applications of Bacillus licheniformis**. Critical Reviews in Biotechnology, v. 41, n. 4, p. 609-627, 2021. DOI: 10.1080/07388551.2021.1873239.

OJUEDERIE, O.B.; OLANREWaju, O.S.; BABALOLA, O.O. Plant growth promoting rhizobacterial mitigation of drought stress in crop plants: Implications for sustainable agriculture. **Agronomy**, v.9, 712, 2019. DOI:10.3390/agronomy9110712.

RAMAKRISHNA, W. et al. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, 2019. DOI:10.1016 / j.scitotenv.2019.135062.

SANZARI, I.; LEONE, A. AMBROSONE, A. Nanotechnology in Plant Science: To Make a Long Story Short. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**. v.7, 120, 2019.. doi: 10.3389/fbioe.2019.0012.

SELEIMAN, M.F. et al. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its diverse effects. **Plants**, 2021, v.10, 259, 2020. DOI: [10.3390/plants1002025](https://doi.org/10.3390/plants1002025).

SEMIDA, Wael M. et al. Aplicação foliar de nanopartículas de óxido de zinco promove tolerância ao estresse hídrico em berinjela (*Solanum melongena* L.). **Plantas** , v. 10, n. 2, pág. 421, 2021.

SFALCIN, Roberta Angelini. **Avaliação de parâmetros fisiológicos e bioquímicos em berinjela (*Solanum melongena* L.) cultivada sob diferentes potenciais de água no solo.**

2009.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika Trust**, v. 52, p. 591–609, 1965.

SILVA, Ariano Barreto da et al. **Adubação fosfatada como atenuante do estresse hídrico no crescimento e produção de berinjela**. 2017.

SILVA, Flaviana G. da et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015.

SISDAGRO (Brasília). Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. Sistema de Suporte à Decisão aided by NMR and GC-MS based metabolomics. **Plant Soil**, v. 429, p.437–450, 2018. DOI:10.1007/s11104-018-3701-y.

SOUSA, Henderson C. et al. Gas exchange and growth of zucchini crop subjected to salt and water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 815-822, 2022.

SU, Shiming e cols. A inoculação de clamidósporos de *Trichoderma asperellum* SM-12F1 altera a disponibilidade de arsênico e a atividade enzimática no solo e melhora o crescimento do espinafre aquático. **Quimiosfera**, v. 175, pág. 497-504, 2017.

SUN, L. et al. Nano-ZnO-induced drought tolerance is associated with melatonin synthesis and metabolism in maize. **International Journal of Molecular Science**, 2020, v.21, 782, 2020. DOI: 10.3390/ijms21030782.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Sinauer Associates Incorporated, 2015.

ÜNLÜNKARA, A.; KURUNC, A.; KESMEZ, G. D.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D. L. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE**, Reston, v. 59, n. 2, p. 203-214, 2010.

DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.453>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/43695855_Effects_of_salinity_on_eggplant_Solanum_melongena_L_growth_and_evap_ostranspiration. Acesso em: 4 dez. 2022.

VIEIRA, A.R.R. **Influência hídrica do solo nos parâmetros vegetativos e produtivos da**

berinjela (*Solanum melongena* L.). 1994. 134 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

VINCI, G. et al. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* and different phosphorus sources on maize plants as revealed by NMR and GC-MS based metabolomics. **Plant Soil**, v. 429, p.437–450, 2018. DOI: 10.1007/s11104-018-3701-y.

VURUKONDA, S.S.K.P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; Skz, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**. 184, p.13-24, 2016. DOI: 10.1016/j.micres.2015.12.003.

WEBER, Luana C. et al. Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos mantidos por planta após polinização controlada. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 03, 2022.

XU, C. et al. Physiological and transcriptomic responses of reproductive stage soybean to drought stress. **Plant Cell Reports**, v.37, p.1611-1624, 2018. DOI: 10.1007/s00299-018-2332-3.

ZAREI, T. et al. Melhorando o crescimento e o rendimento do milho doce (*Zea mays* L. var *saccharata*) usando a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* sob regimes de rega variados. **Agricultural Water Management**, v. 226. 2019.

ZULFIQARA, F. et al. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations Faisal Zulfiqara, Míriam Navarrob,c, Muhammad Ashrafd, Nudrat Aisha Akrame, Sergi Munné-Bosch. **Plant Science**, v. 289, 110270, 2019.doi: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110270>