

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG) Departamento de**  
**Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)**

**CAMILA TORRES VALGUEIRO FERRAZ**

**UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE**  
**PLANTAS ASSOCIADAS À ADUBAÇÃO COM COMPOSTO ORGÂNICO NO**  
**DESENVOLVIMENTO DA PIMENTA BICO (CAPSICUM CHINENSE)**

**JUAZEIRO-BA**

**2025**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)**  
**Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)**

CAMILA TORRES VALGUEIRO FERRAZ

**UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE  
PLANTAS ASSOCIADAS À ADUBAÇÃO COM COMPOSTO ORGÂNICO NO  
DESENVOLVIMENTO DA PIMENTA BICO (CAPSICUM CHINENSE)**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

**Orientador:** Carlos Alberto Aragão

JUAZEIRO-BA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
por Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169

F381u Ferraz, Camila Torres Valgueiro

Utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas associadas à adubação com composto orgânico no desenvolvimento da pimenta bico (*Capsicum Chinense*) / Camila Torres Valgueiro Ferraz. Juazeiro-BA, 2025.  
55 fls.: il.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Alberto Aragão.

Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. Programa de Pós-Graduação em Horticultura Irrigada - PPGHI, Campus III. 2025.

1. Olericultura. 2. Fertilizante. 3. *Azospirillum* brasilense. 4. *Bacillus subtilis*.  
5. Sustentabilidade. I. Aragão, Carlos Alberto. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. III. Título.

CDD: 635.0483

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)**

**Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)**

**Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)**

**Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**"UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS ASSOCIADAS À ADUBAÇÃO COM COMPOSTO ORGÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DA PIMENTA BICO (CAPSICUM CHINESE)"**

**CAMILA TORRES VALGUEIRO FERRAZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura Irrigada – PPHI, em 30 de setembro de 2025, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Horticultura Irrigada pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:

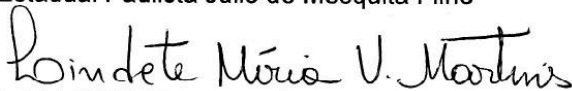


Professor(a) Dr.(a) CARLOS ALBERTO ARAGAO

UNEB

Doutorado em Agronomia (Agricultura)

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

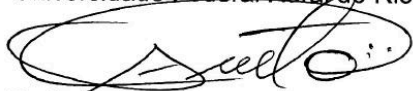


Professor(a) Dr.(a) LINDETE MIRIA VIEIRA MARTINS

UNEB

Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo)

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



Professor(a) Dr.(a) ACÁCIO FIGUEIREDO NETO

Univasf - UNIVASF

Doutorado em Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Campina Grande

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por essa conquista, por ter sido meu maior guia para que eu conseguisse chegar a esse momento. A minha família (MÃE, PAI e IRMÃOS (AS)) é são o meu alicerce, em especial a minha mãe que sempre acreditou que eu tinha força o suficiente para conquistar todos os meus sonhos. E minha avó Maria Severa de Jesus (*in memoriam*), que me ensinou sobre o amor pela natureza, gentileza, e assim tenho dedicado meus dias a criar soluções visando a sustentabilidade do agroecossistema, a senhora devo toda coragem, força e bondade que carrego em mim

Ao meu companheiro e grande amor Doyglas, que sempre está ao meu lado desde a graduação, me incentivando e me ajudando a ser o melhor, como pessoa e profissional. Segurando a minha mão nos bons e maus momentos, a vida com você se torna leve a cada dia!

Ao meu orientador Dr<sup>o</sup> Carlos Alberto Aragão, obrigada pelos ensinamentos, paciência e confiança durante esses anos. Com o senhor pude aprender mais sobre a pesquisa, me auxiliou a entender que uma das principais ferramentas não está na sua complexidade, mas na sutileza e na capacidade de planejar além de observar com atenção. Um agradecimento especial para a Dr<sup>a</sup> Lindete que sempre me incentivou, orientou e acolheu em todos os momentos do mestrado. Além de ser uma excelente profissional na qual me ensinou sobre o mundo das bactérias promotoras de crescimento é um ser humano incrível, sem o seu apoio nada disso seria possível. Aos professores Fábio Freire e Acácio que durante a pesquisa sempre estiveram dispostos a me ajudar, tornando o processo de aprendizagem mais claro e enriquecedor.

Não poderia deixar de agradecer as mãos e os sorrisos que tornaram tudo isso possível. Muito obrigada a minha cunhada Amanda, que é minha família e força nos momentos de sol e chuva. Aos amigos da UNEB, Victor, Hiago, Layslene, Paulo, Paula, Bruno, Tião e Nilo, vocês foram essenciais. A toda equipe da Lamiso, que sempre esteve disponível para me ajudar. A equipe do CAERDS, por me proporcionar conhecimento e apoio fundamental para execução da compostagem.

Nessa trajetória, assim como diz em *Mikrokosmos* aprendi que cada pessoa carrega sua própria luz, uma pequena estrela capaz de iluminar os dias mais escuros. Mas em *Magic Shop*, encontrei conforto para transformar medo em força. Essas mensagens do BTS me acompanharam, fortaleceram e guiaram cada passo até esta vitória. Assim como a frase inspirada em Martin Luther King Jr. e adaptada para *Not Today* (BTS): “Se você não pode voar, então corra. Se não pode correr, então ande. Se não pode andar, então rasteje. Seja o que for, continue se movendo”.

Mas nada foi realizado sozinho, pois cada contribuição foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Vocês diminuíram o peso sobre meu ombro, e me auxiliaram a caminhar quando estava difícil me manter de pé. Como diz a canção For Youth (BTS): “Juntos, nós brilhamos”. **Gratidão!**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Pimenta ( <i>Capsicum</i> spp.)	14
2.1.1 Pimenta biquinho ( <i>Capsicum chinense</i> )	16
2.2 Estratégias para produção sustentável de hortaliças	18
2.2.1 Adubação orgânica	20
2.2.1.1 Composto orgânico	22
2.2.2 Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV)	27
2.2.3 Adubação orgânica x BPCV	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Descrição do local do experimento	31
3.2 Delineamento experimental	32
3.3 Condução do experimento em vasos	32
3.4 Variáveis analisadas	36
3.5 Análise estatística	36
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	36
5. CONCLUSÃO	46
6. REFERÊNCIA	47

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Médias mensais de precipitação (Chuva), temperatura média ( $T_{\text{méd}}$ ), máxima ( $T_{\text{max}}$ ) e mínima ( $T_{\text{mín}}$ ), umidade relativa do ar ( $UR_{\text{méd}}$ ) durante os meses de abril a setembro de 2024, período do experimento em cultivo protegido no (DTCS-UNEB), em Juazeiro-BA, 2024. 31
- Figura 2** Pilha para a produção de composto orgânico (A), materiais orgânicos iniciais (B) e produto final (C), CAERDS- UNEB, Juaz
- Figura 1** Médias mensais de precipitação (Chuva), temperatura média ( $T_{\text{méd}}$ ), máxima ( $T_{\text{max}}$ ) e mínima ( $T_{\text{mín}}$ ), umidade relativa do ar ( $UR_{\text{méd}}$ ) durante os meses de abril a setembro de 2024, período do experimento em cultivo protegido no (DTCS-UNEB), em Juazeiro-BA, 2024 32
- eiro-BA, 2023. Fonte: Próprio autor. 32
- Figura 3** Monitoramento de umidade (A), temperatura (B) e manejo de aeração (C) do processo de compostagem, CAERDS- UNEB, Juazeiro-BA, 2023. Fonte: Próprio autor. 33
- Figura 4** Pimenta bico (*C. chinense*), cultivo no (DTCS-UNEB) em Juazeiro -BA em 2024. Fonte: Próprio autor. 34

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Análise de variância para altura (AL) diâmetro do colo (DC), de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 25 e 115 DAT. 36
- Tabela 2** Análise de variância para índice de Clorofila Falker (ICF a), (ICF b) (ICF-Total) e de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 25 e 115 DAT. 37
- Tabela 3** Análise de variância para volume de raiz (VR), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFPR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR), massa fresca total (MFT) e seca total (MST) de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 125 DAT. 37
- Tabela 4** Valores médios de altura de plantas (AL) e diâmetro (DC) aos 25 e 115 DAT, e índice de clorofila Falker (ICF-Total) aos 25 DAT, em função das doses de composto orgânico em cultivo de pimenta bico 40
- Tabela 5** Valores médio do volume de raiz (VR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFPR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR), massa fresca total (MFT) e seca total (MST) aos 125 DAT em função das doses de composto orgânico em cultivo de pimenta bico. 42

# UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS ASSOCIADAS À ADUBAÇÃO COM COMPOSTO ORGÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DA PIMENTA BICO (*CAPSICUM CHINENSE*)

## RESUMO GERAL

Os efeitos benéficos de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) e composto orgânico no desenvolvimento das plantas têm os tornando uma alternativa para uma agricultura sustentável, entretanto, a sua associação é pouco compreendida. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos sobre o crescimento da pimenta bico (*Capsicum chinense*), em função da dose de composto orgânico isoladamente ou associado às BPCV. O experimento foi conduzido em vaso, na casa de vegetação localizada no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia (DTCS-UNEB) no período de abril a setembro de 2024. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 3) com quatro repetições e cada unidade experimental foi constituída por quatro vasos. O primeiro fator foi referente aos inoculantes (BPCVs): (1) sem inoculantes (2) AZOKOP contendo *Azospirillum brasilense* AbV5 e AbV6 ( $1,8 \times 10^8$  UFC/mL ); (3) SERANADE contendo *Bacillus subtilis* linhagem QST 713 ( $1 \times 10^9$  UFC/g) O segundo fator foi referente às três doses de composto orgânico (C.O): (1)  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , (2)  $20 \text{ t ha}^{-1}$ , (3)  $30 \text{ t ha}^{-1}$ . Os resultados obtidos demonstram que não ocorreu efeito significativo da utilização de inoculantes e nem interação entre as doses de composto para nenhuma das variáveis analisadas. Todavia, notavelmente o crescimento das plantas foi aumentado em função da dose de composto, no qual a maior dose obteve os melhores resultados refletido pelo aumento altura, diâmetro do colo, índice de clorofila Falker Total aos 25 DAT, volume de raiz, massa fresca e massa seca. Conclui-se que a aplicação do composto proveniente de resíduos agropecuários é uma alternativa promissora, a fim de promover a sustentabilidade no cultivo dessa olerícola no Vale do São Francisco.

**Palavras-chave:** Olericultura; Fertilizante; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; Sustentabilidade.

# USE OF PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA ASSOCIATED WITH ORGANIC COMPOST FERTILIZATION IN THE DEVELOPMENT OF BELL PEPPER (*CAPSICUM CHINENSE*)

## ABSTRACT

The beneficial effects of plant growth-promoting bacteria (PGPB) and organic compost on plant development have made them an alternative for sustainable agriculture; however, their association is poorly understood. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects on the growth of bico pepper (*Capsicum chinense*) as a function of the dose of organic compost alone or in combination with PGPB. The experiment was conducted in pots, in the greenhouse located at the Department of Technology and Social Sciences of the State University of Bahia (DTCS-UNEB) from April to September 2024. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme (3 x 3) with four replications, and each experimental unit consisted of four pots. The first factor referred to the inoculants (PGPB): (1) without inoculants (2) AZOKOP containing *Azospirillum brasilense* AbV5 and AbV6 ( $1.8 \times 10^8$  CFU/mL); (3) SERANADE containing *Bacillus subtilis* strain QST 713 ( $1 \times 10^9$  CFU/g) The second factor referred to the three doses of organic compost (OC): (1) 10 t ha<sup>-1</sup>, (2) 20 t ha<sup>-1</sup>, (3) 30 t ha<sup>-1</sup>. The results obtained demonstrate that there was no significant effect of the use of inoculants nor interaction between the compost doses for any of the variables analyzed. However, notably, plant growth increased as a function of the compost dose, with the highest dose obtaining the best results reflected by the increase in height, stem diameter, Falker Total Chlorophyll Index at 25 DAT, root volume, fresh mass, and dry mass. It is concluded that the application of compost from agricultural waste is a promising alternative to promote sustainability in the cultivation of this vegetable in the Vale do São Francisco.

**Keywords:** Vegetable farming; Fertilizer; *Azospirillum brasilense*; *Bacillus subtilis*; sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* (Solanaceae) possuem grande importância econômica no agronegócio mundial, devido a sua multifuncionalidade (EPAMIG, 2022). No Brasil dentre as espécies pertencentes a esse gênero a *Capsicum chinense* é conhecida como a mais brasileira, sendo representada por diversos grupos botânicos, dos quais nos últimos anos o grupo biquinho tem tido bastante notoriedade, devido seu aroma e sabor adocicado (Carvalho *et al.*, 2006). Essa característica, tem sido apreciada na culinária tanto para o consumo in natura como processado (Beltrão, 2019). Mas a sua utilização vai além da gastronomia, pode ser utilizada como planta ornamental (Neitzke *et al.*, 2016) e como medicinal devido à presença de compostos como capsaicinóides, os caretonóides, vitamina C e A (Pinto *et al.*, 2013).

O cultivo da espécie *C. chinense* tem grande relevância para a agricultura no Brasil, geralmente é realizado por pequenos agricultores onde utilizam a mão de obra familiar (Faria *et al.*, 2013). Na agricultura, para que uma planta obtenha uma boa produção é necessário o seu manejo adequado, principalmente nutricional (Saldanha *et al.*, 2016). Todavia, o uso demasiado e contínuo dos fertilizantes químicos, podem acarretar impactos negativos ao ambiente, devido a presença de sais, substâncias tóxicas e adubos de alta solubilidade (Zonta *et al.*, 2021), ocasionando assim a contaminação do solo água e ar (Pahalvi *et al.*, 2021).

Em função da crescente preocupação com a saúde humana, em razão dos impactos negativos da aplicação de produtos sintéticos e do uso excessivo de fertilizantes químicos na agricultura, tem impulsionado os agricultores a buscar alternativas mais ecológicas (De Corato, 2020). Direcionadas a maximização dos recursos naturais locais e que procuram aliar segurança alimentar numa produção climática inteligente (Jiménez *et al.*, 2024). E por sua vez a adoção dessas práticas agrícolas mais sustentáveis, contribuem para o alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) (Da Silva; Dourado, 2022; Chowdhuri; Pal, 2025).

Em busca de agroecossistemas mais resilientes, o uso de composto orgânico (C.O) de resíduos orgânicos agropecuários tem sido uma alternativa viável a utilização de fertilizantes químicos e representa uma solução sustentável a esses desafios (Estrada-Bonilla *et al.*, 2021; Alotaibi *et al.*, 2022; Barzallo *et al.*, 2025). Esse adubo orgânico é o produto final do processo de compostagem, nesse processo ocorre a

decomposição controlada de materiais orgânicos de origem vegetal ou animal, e quando estabilizado é rico em nutrientes, húmus e cerca de 50 a 70% de matéria orgânica (Oliveira *et al.*, 2004).

Quando o composto é aplicado no manejo das plantas hortícolas tem a capacidade de melhorar a sua produção em resultado das mudanças positivas nas características físico-químicas e biológicas no solo (Fan *et al.*, 2023). Como aumento significativo na fertilidade do solo (Barzallo *et al.*, 2025), alteração de microbioma da rizosfera mantendo antagonistas (Wang *et al.*, 2026), diminuição de impactos ocasionados por estresse como salinidade (Ho *et al.*, 2022) e seca (Moraes *et al.*, 2025).

Além dos benefícios para as culturas, a aplicação de composto orgânico possibilita a redução dos impactos negativos provocados pelo descarte de resíduos orgânicos no ambiente (Koul *et al.*, 2022; Vidigal *et al.*, 2023; Alan e Köker, 2023; Hassan *et al.*, 2023). Sendo assim, uma ferramenta ecológica de baixo custo que pode ser utilizada para mitigar os efeitos da mudança climática (Hassan *et al.*, 2023). Principalmente em áreas como a região do Vale do São Francisco (VSF), onde há grande produção de resíduos provenientes de atividade agrícola (Silva *et al.*, 2021).

Todavia, tratando-se das pimentas do gênero *Capsicum* apesar da sua importância econômica e social, poucas são as informações sobre como realizar o seu manejo adequado, especialmente adubação, por isso geralmente utiliza-se a recomendação de adubação tanto orgânica quanto mineral da cultura do pimentão (Pinto *et al.*, 2006). Na cultura do pimentão, estudo realizado sob distintas doses de composto em regiões semiáridas, foi verificado efeito positivo no crescimento dessa espécie e matéria orgânica do solo (Veloso *et al.*, 2024). Desse modo, pesquisas que visam determinar as doses recomendadas para a cultura e região são fundamentais para a fertilidade do solo, dados esses quando obtidos servirão de suporte para os produtores daquela localidade (Zonta *et al.*, 2021).

Apesar das vantagens da utilização do composto orgânico para a qualidade do solo e produção agrícola, o seu uso isolado pode não ser o suficiente para atender as demandas nutricionais afetando a produtividade e lucratividade das culturas (Ali *et al.*, 2023). Outra vertente, bastante utilizada para diminuir a necessidade de insumos químicos são as bactérias promotoras de crescimento (BPCV) que são microrganismos benéficos, e atuam principalmente promovendo uma melhor absorção de nutrientes,

controle biológico e produção de fitormônios (Emmanuel; Babalola, 2020; Pathania *et al.*, 2020; Pascutti *et al.*, 2024).

Tratando-se apenas do uso isolado da adubação orgânica em *C. chinense*, estudos anteriores relatam resultados superiores quando aplicado adubo orgânico em comparação ao fertilizante mineral (Dos Santos *et al.*, 2021). Outras pesquisas também demonstram efeito positivo nos parâmetros de crescimento como massa fresca e seca da planta (Galvão *et al.*, 2022) e produção como peso de fruto (Pereira *et al.*, 2021; Galvão *et al.*, 2022) quando se utiliza fertilizante orgânico.

Quanto ao uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, dentre os gêneros estudados para a aplicação na agricultura estão o *Bacillus* e *Azospirillum* (Florêncio *et al.*, 2022). Na espécie vegetal *C. chinense* a utilização do microrganismo sem uso de adubação orgânica com uso de bactérias como *B.subtilis* e *Azospirillum sp* também tem sido vantajoso. Segundo Mejía-Bautista *et al.* (2022) o uso de *B.subtilis* aumentou a altura final, número de broto e biomassa total seca quando comparado com a testemunha. E de acordo com Castillo-Aguilar *et al.* (2017) a aplicação de *Azospirillum sp.* influenciou positivamente no crescimento.

Em vista dos benefícios do uso de composto orgânico e BPCV isoladamente, vem sendo realizado estudos objetivando avaliar a eficiência dessa associação. Esses resultados têm indicado que a combinação com bactérias promotoras de crescimento oferece diversas vantagens, podendo otimizar os benefícios do composto, como melhorar as características físico-química, biológica do solo, que consequentemente promovem o desenvolvimento das plantas (Alotaibi *et al.*, 2022; Ali *et al.*, 2023; Barzallo *et al.*, 2025). Mesmo diante dos efeitos positivos ainda assim a sua associação é pouco compreendida, dos quais poucos estudos são realizados com hortaliças.

Em outras espécies vegetais, o uso combinado de adubação orgânica com microrganismo tais como *Bacillus subtilis* (Lara-Capistran *et al.*, 2020; Salvador *et al.*, 2022; Moraes *et al.*, 2025) e *Azospirillum brasiliense* (Vitto *et al.*, 2022), tem sido promissor. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo avaliar o efeito das diferentes doses de composto orgânico proveniente de resíduos agropecuários isoladamente e em combinação inoculante contendo *Azospirillum brasiliense* ou *Bacillus subtilis* no crescimento da pimenta biquinho.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Pimenta (*Capsicum* spp.)

As pimentas são espécies vegetais pertencentes à família das Solanáceas e ao gênero *Capsicum*, os principais grupos cultivados de pimenta (*Capsicum* spp.) no país pertencem às espécies domesticadas *Capsicum annuum* L. var. *annuum*, *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh, *Capsicum chinense* Jacq. e *Capsicum frutescens* L. (Carvalho *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2008; AEAARP, 2021). O consumo das espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* é datado em torno de 7.000 anos no México, tendo como centro de origem as Américas, mas em função da multiplicidade encontram-se distribuídas pelo mundo (Carvalho *et al.*, 2006).

O seu consumo pode ser tanto in natura quanto processado, com possibilidade de utilização em diferentes receitas. Isso ocorre em função da sua diversidade de espécies que apresentam diferentes características sensoriais quanto ao sabor e aromas, além das diferentes características morfológicas como cor, formatos e tamanhos (Carvalho *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2020). Atualmente estima-se que as pimentas *Capsicum* spp. são utilizadas por cerca de dois terços metade da população mundial, no Brasil o consumo per capita é de (0,5g/dia), considerado baixo em comparação a outros países como Coreia e México, onde o consumo é de (8 g/dia) (AEAARP, 2021). O consumo brasileiro e conseqüentemente a sua comercialização é baixa em comparação a outras hortaliças, todavia esse mercado vem se modificando, pela comercialização de produtos de alto valor agregado como pimentas processadas ou adicionadas em industrializados como molhos, bombons, embutidos entre outros (Carvalho *et al.*, 2006).

As diversas propriedades das pimentas permitem a sua utilização na culinária e tem impulsionado pesquisas na área da medicina. Pois possuem altos valores vitamínicos, com grande destaque os capsaicinóides, os caretonóides, o ácido ascórbico (vitamina C) e a vitamina A. Todavia, a concentração desses compostos varia em função do genótipo e grau de maturação dos frutos, entre outros aspectos. Composição essa, que promove atividade anti-inflamatória, antioxidante e quimiopreventiva (Pinto *et al.*, 2013). Além da culinária e medicina, algumas pimenteiras podem ser utilizadas como plantas ornamentais, devido ao seu potencial estético em decorrência do seu porte baixo, folhagem variegada e frutos em diferentes estágios de maturação na mesma

época, o que as deixam mais atrativas, nesse contexto as pimentas são comercializadas principalmente em vasos (Carvalho *et al.*, 2006; Neitzke *et al.*, 2016).

Para o agronegócio o mercado das pimentas *Capsicum* é bastantes promissor, pois abrange o cultivo de pimenta para auto-consumo, ornamentais em vaso, plantações comerciais, pequenas agroindústrias com utilização da mão de obra familiar e grandes indústrias produtoras e exportadoras de páprica (Carvalho *et al.*, 2006). As pimentas são plantadas em todos os estados do país, tendo como principais estados produtores Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Ceará, Bahia e Rio Grande do Sul. Em termos de produção estima-se que sejam cerca de 75 mil toneladas de produção em uma área cultivada de 5 mil hectares anualmente no país (Reifschneider *et al.*, 2015; AEAARP, 2021). Em 2021, a produção total foi de 3.849 t, com 89% dessa produção sendo proveniente da agricultura familiar (EPAMIG, 2022).

Apesar da baixa comercialização das pimentas de modo geral, em 2020 o Brasil se tornou o segundo maior exportador de pimenta do reino do mundo, ficando atrás apenas do Vietnã, tendo como maior estado produtor o Espírito Santo (Incaper, 2023). Na região nordeste, os estados de maior destaque em produção são a Bahia e Sergipe, no mercado das pimentas as principais variedades e produção são respectivamente a pimenta malagueta com 73 toneladas/ano, pimenta biquinho com 72 toneladas/ano, pimenta jalapenho com 34,5 toneladas/ano e pimenta habanero com 23,5 toneladas/ano (Canal produtor, 2022).

As pimentas são cultivadas tanto por grandes, médios quanto pequenos produtores, que cultivam sozinhos ou associados a agroindústrias (Pinto *et al.*, 2006). Mas em sua grande maioria, são cultivadas principalmente por pequenos produtores, integrando-se ao modelo de agricultura familiar, e tendo um bom retorno financeiro em pequenas áreas plantadas. Proporcionando a fixação do homem no campo e gerando emprego em decorrência do comércio da hortaliça in natura, quanto o estabelecimento de novas indústrias processadoras. Uma das vantagens do seu cultivo, é a produção contínua e a sua versatilidade, que abrange a gastronomia e benefícios à saúde (AEAARP, 2021). A demanda no mercado tem impulsionado o aumento de áreas cultivadas e fortalecimento da relação agricultor-agroindústria. Além da demanda no mercado interno, as pimentas são exportadas de diferentes maneiras, como páprica, pasta e conservas ornamentais (Ribeiro *et al.*, 2022)

### 2.1.1 Pimenta biquinho (*Capsicum chinense*)

Dentre os grupos de pimenta, a espécie *C. chinense* possui a maior diversidade de pimentas cultivadas e tem bastante destaque por ser considerada a pimenta mais brasileira entre as espécies domesticadas (Ribeiro *et al.*, 2020; AEAARP, 2021). Essa espécie caracteriza-se pelo sabor e aroma acentuados, no Brasil são representados pelos grupos varietais da pimenta-de-cheiro, de-bode, cumári-do-Pará, murupi e biquinho. E foram as primeiras pimentas encontradas pelos navegadores do velho mundo, todavia é menos difundida do que a espécie *C. annuum*. Tem como principal centro de diversidade a Bacia Amazônica, podendo ser encontrada no Sul do Brasil, Centro-Oeste, Nordeste e até na América Central (Carvalho e Bianchetti, 2008).

Uma variedade botânica que tem ganhado muita popularidade é as pimentas do grupo biquinho (Carvalho *et al.*, 2006), também denominada de pimenta de bico, que faz parte das pimentas doces (Ribeiro; Reifschneider, 2008). No qual são consumidas principalmente por serem aromáticas e apresentarem sabor adocicado e baixa pungência, devido ao baixo teor de capsaicinoides que são compostos químicos responsáveis pelo ardor em frutos do gênero *Capsicum* (Carvalho *et al.*, 2006).

A pimenta biquinho, também denominada de pimenta de-bico, possui frutos pequenos de aproximadamente 2,5 cm a 2,8 cm de comprimento e 1,5 de largura, devido ao seu formato triangular formando um bico na extremidade, deu-se origem ao seu nome vulgar “biquinho”, as cores dos frutos podem salmão, laranja, amarela e vermelha, variando de acordo com a cultivar. Esses frutos são bastante versáteis, pois podem ser consumidos tanto in natura como frutas ou processados em conservas e industrializados (Carvalho *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2020). As diversas características da pimenta biquinho, possibilita a sua utilização em diversos pratos, tanto doces quanto salgados e atribui sabor e beleza, fazendo assim com que tenha ganhado espaço principalmente na alta gastronomia (Beltrão, 2019).

De modo geral, as pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum* também são apreciadas como plantas ornamentais por sua beleza (Carvalho *et al.*, 2006; Neitzke *et al.*, 2016). Dessa maneira, em virtude dessas características a *C. chinense*, dentre elas a pimenta de bico oferece diferentes nichos para a sua comercialização. O que proporciona agregação de valor nos produtos, gerando maior rentabilidade ao produtor.

O uso das pimentas vai além da culinária e ornamentação, elas possuem vitaminas, flavonoides, carotenoides e outros compostos secundários que lhes confere um potencial medicinal. No Brasil, há uma grande diversidade de pimentas, mas pouco se sabe sobre sua composição e propriedades medicinais (Lutz; Freitas, 2008). Especificamente as pimentas da espécie *Capsicum chinense* apresentam principalmente atividade como antiinflamatório e anestésico (Faria *et al.*, 2013). Estudos mostram que as pimentas (*Capsicum spp.*) possuem alto valor nutricional e são conhecidas pelo seu elevado valor de vitamina C (Carvalho, 1984). Como no caso da pimenta biquinho, que apenas em 100 gramas, possui 99 miligramas de vitamina C, superior à necessidade diária de um indivíduo (Lutz; Freitas, 2008).

Apesar de ser bastante cultivada em Minas Gerais, onde também se concentra a maior produção, a sua origem é um pouco incerta (Carvalho *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2020). A seleção dos cultivares de pimenta biquinho se deu principalmente no triângulo, por meio dos pequenos produtores (Ribeiro *et al.*, 2020). Atualmente no mercado, existem algumas Cultivares desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças, como a BRS Moema, BRS Tuí, que se destacam pela sua alta produtividade, uniformidade de frutos e resistência à doença (Ribeiro *et al.*, 2020; EPAMIG, 2022). Na UFSCar-Universidade Federal de São Carlos, foi desenvolvida a primeira cultivar híbrida a pimenta Maria bonita (EPAMIG, 2022). Além destas, são comercializadas as sementes da pimenta Iracema e Airatema pela Isla sementes, e pimenta bico comercializadas pela empresa Feltrin (Bione, 2017).

As pimentas *Capsicum*, são plantas de crescimento indeterminado, apresentam floração contínua e conseqüentemente produção de frutos contínuos (Pinto *et al.*, 2006). O crescimento das plantas do gênero *Capsicum*, variam de acordo com as espécies e condições de cultivo. Em ambientes naturais, geralmente o seu ciclo de vida é perene, mas em outros locais se comportam como plantas anuais e tem sistema radicular pivotante com comprimento de 70 cm a 120 cm (Carvalho; Biachetti, 2008). Segundo Smith e Heiser (1975), citado por Domenico (2011), às pimentas pertencentes à espécie *C. chinense*, são plantas arbustivas e possuem o crescimento ereto, prostrado ou compacto, com altura 0,45 a 0,76 m. O início da colheita da pimenta é em torno de 90 a 120 dias após a semeadura (EPAMIG, 2022). Para a cultivar pimenta bico, comercializada pela Feltrin sementes, a sua colheita se inicia de 80 a 130 dias após a semeadura (Moreira *et al.*, 2006).

As características sensoriais agregadas ao potencial nutricional, têm aumentado a demanda de comercialização da pimenta *C. chinense* (Oliveira *et al.*, 2018). O seu cultivo tem grande importância na agricultura e é realizado principalmente pelos pequenos produtores, utilizando-se a mão de obra familiar (Faria *et al.*, 2013). No entanto, de maneira geral, há uma falta de informações sistematizadas sobre a produção e comercialização de pimentas *Capsicum*, tanto in natura como processadas. Isso ocorre principalmente porque em sua maioria a venda é direta entre o produtor e varejo (AEAARP, 2021; EPAMIG, 2022). A produção da pimenta varia em função de diversos fatores, como tipo de cultivar utilizada, técnicas adotadas no cultivo, região e período de cultivo, para a pimenta biquinho, a produtividade esperada é em torno de 20 t/ha<sup>-1</sup>(Ribeiro *et al.*, 2022).

As pimentas podem ser cultivadas em diferentes formas, desde ao sistema convencional, orgânico e agroecológico, tanto em campo quanto vaso (Cunha, 2020). Apesar da sua importância para a agricultura, a cultura da pimenta é pouco estudada e há uma escassez de pesquisas, principalmente voltadas ao manejo da fertilidade do solo. Para a adubação dessa hortaliça indica-se que seja baseada nos boletins técnicos de cada região. Entretanto, por serem semelhantes, quando houver falta de informações locais, sugere-se a aplicação de nutrientes com base na recomendação para a cultura do pimentão (Alcântara; Ribeiro, 2008).

Sendo assim, a falta de informações torna-se um desafio para a produção em larga escala e de forma sustentável dessa hortaliça. Tornando crucial pesquisas relacionadas à adubação, principalmente voltados para a utilização de insumos que promovam a diminuição da dependência por fertilizantes químicos para a promoção de um agroecossistema mais resiliente.

## **2.2 Estratégias para produção sustentável de hortaliças**

A olericultura é conhecida por ser uma atividade de uso intensivo do solo, onde numa mesma gleba é feito um cultivo após o outro, com revolvimento excessivo (Alcântara; Ribeiro, 2008). Este uso intensivo do solo através do revolvimento, acelera a decomposição da matéria orgânica, pois favorece a ruptura dos agregados que fica mais exposta a ação dos microrganismos, fazendo assim com que ocorra mais perdas a M.O (Alcântara; Madeira, 2008). E muitas vezes sem reposição de material orgânico, prática

essa que favorece o desgaste das propriedades físico-química e biológica do solo (Alcântra; Ribeiro, 2008).

Com a diminuição da sua fertilidade natural, o solo é corrigido com a utilização de adubos orgânicos ou minerais. Todavia o uso demasiado e contínuo de fertilizantes minerais, pode ser prejudicial, devido a presença de sais, adubos de alta solubilidade e substâncias tóxicas (Zonta *et al.*, 2021), que leva a alteração dessas propriedades do solo, com a diminuição da matéria orgânica do solo (MO), mudança no pH, na disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente na atividade microbiana, e causam contaminação no solo, água e ar (Pahalvi *et al.*, 2021). Além disso, a produção de fertilizantes minerais esgota os recursos não renováveis, causando em risco ambiental e para o ser humano (Glick, 2012).

A preocupação com a saúde humana devido ao impacto negativo dos produtos sintéticos e ao uso massivo de fertilizantes químicos têm estimulado a busca por alternativas mais ecológicas por parte dos agricultores (De Corato, 2020). Associado a isso há uma crescente busca por alimentos saudáveis, segundo Martinelli e Carvalli (2019), alimentos saudáveis vai além da sua composição nutricional, são aqueles provenientes de uma produção de alimentos mais sustentáveis, que englobam um cultivo com práticas ambientalmente adequadas, socialmente justas e que fortaleçam os sistemas de produção como a agricultura familiar.

Esses impactos negativos ocasionados pela agricultura intensiva, levou a agricultura moderna a investir em alternativas mais ecológicas que são capazes de manter e melhorar a fertilidade e qualidade do solo a longo prazo, tais como o uso de adubação orgânica (Alcântra; Ribeiro, 2008). Isso vai de encontro aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), que destacam a importância em criar soluções alternativas e sustentáveis para enfrentar as adversidades econômicas e ambientais do mundo atual. Dentre os objetivos da ODS, a agricultura se destaca como uma das práticas mais importantes, capaz de combater a fome, por meio de diferentes modelos de produção e melhorias ambientais, como a redução de resíduos e o aumento da produção. Dessa maneira, buscam-se alternativas de modelos produtivos que visem minimizar os danos potenciais causados pelo uso excessivo de defensivos e fertilizantes (Da Silva; Dourado, 2022).

### 2.2.1 Adubação orgânica

Devido a necessidade por práticas mais ecológicas, a adubação orgânica é alternativa para melhorar e manter a qualidade e fertilidade do solo, no cultivo de hortaliças as principais fontes orgânicas são os estercos e compostos orgânicos (Alcântara; Ribeiro, 2008). A adubação orgânica, possui diversos benefícios que proporcionam uma boa produtividade, todavia é crucial a sua utilização ser conforme as características do solo e necessidade da cultura (Zonta *et al.*, 2021). A matéria orgânica (M.O) compreende a matéria viva (exsudados radiculares, micro e macrorganismos) e morta (húmus e matéria macroorgânica) (Silva *et al.*, 2023). Sendo responsável pela manutenção da atividade biológica, agregação e CTC, dentre outras, e contribui para a manutenção da sustentabilidade principalmente em solos intemperizados como no Brasil. As formas de entrada da M.O no solo é por meio da deposição de materiais como vegetais e adubação orgânica ou cobertura morta e verde. As saídas são oriundas principalmente da decomposição e erosão do solo (Zonta *et al.*, 2021).

Os adubos orgânicos em comparação aos fertilizantes minerais, possuem baixo teor de nutrientes, o que pode levar ao desbalanceamento quando se leva em consideração um nutriente limitante para se fazer a recomendação, ou pode levar a uma dose excessiva de um determinado elemento. De forma geral, a recomendação de adubação é de acordo com o tipo de solo e a cultura, atualmente existem duas formas de recomendação, uma é com base na cultura, onde se é realizado análise química do solo e considera a quantidade de nutrientes aportados, a outra maneira é com base em pesquisas que realizam testes e indicam doses recomendadas com base na cultura e região (Zonta *et al.*, 2021).

A utilização de dose com base em experimentos realizados para cada cultura e região é muito importante para a fertilidade do solo. Nesse caso, os materiais produzidos são suporte para técnicos e produtores. Segundo KIEHL, (2010) citado por Zonta *et al.*, (2021), proveniente de experimentação as doses podem ser baixas (até 15 t ha<sup>-1</sup>); média (15 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>) e alta (acima de 30 t ha<sup>-1</sup>). As doses, principalmente em adubos com alto teor de nutrientes, devem ser de maneiras equilibradas para que não causem danos ambientais, e atentar-se quanto à presença de metais tóxicos (Zonta *et al.*, 2021).

Devido aos benefícios da adubação orgânica no desenvolvimento das plantas, têm sido realizados estudos especialmente na cultura da pimenta *Capsicum*, avaliando crescimento (George *et al.*, 2023; Santrum *et al.*, 2023; Veloso *et al.*, 2024; Balkrishna *et al.*, 2024), conteúdo nutricional foliar (Oliveira *et al.*, 2014; Sediyaama *et al.*, 2009), parâmetros de produção (Sediyaama *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2014; Cardozo *et al.*, 2016; Al-Harbi *et al.*, 2020; Dos Santos *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2021; George *et al.*, 2023; Santrum *et al.*, 2023; Veloso *et al.*, 2024), bioquímicos e nutricionais nos frutos (Ekincialp, 2024). Esses benefícios, têm influenciado pesquisas com objetivo de identificar estratégias com foco na redução de danos ambientais por meio da redução de fertilizantes minerais e que promovam a horticultura mais sustentável e de alto rendimento (Ekincialp, 2024)

Na cultura da pimenta com ênfase na espécie *Capsicum chinense*, a utilização de adubação orgânica tem se mostrado promissora. No trabalho de pesquisa realizado por Dos Santos *et al.* (2021), avaliou as doses de adubo orgânico (esterco) : 0, 15, 30, 45 e 60 t ha<sup>-1</sup> no desempenho agrônomo da cultura, obteve maior índice de eficiência agrônoma quanto a produtividade foi na dose de 45 t ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico em comparação ao adubo mineral, isso pode estar associada a boa disponibilidade de nutrientes, dessa maneira os resultados apontam que o esterco orgânico, pode ser indicado para a produção da pimenta dedo de moça, na região de Ceres- GO. De acordo com Pereira *et al.*, (2021), o tratamento com biofertilizante líquido em plantas de *Capsicum chinense* foi superior ao controle e adubação convencional, nas variáveis analisadas de produção como peso do fruto, o biofertilizante avaliado se mostrou ser é uma alternativa satisfatória para o desempenho produtivo da pimenta biquinho.

Na região do polo agrícola Petrolina-PE, e Juazeiro- BA, localizado no Vale do São Francisco (VSF), há uma grande diferença entre as outras regiões do semiárido, devido às águas do Rio São Francisco, é possível o desenvolvimento da agricultura irrigada. Nesse polo, são cultivadas frutas e olerícolas comercializadas para diversas regiões do Brasil e para exportação. Tratando-se da adubação orgânica, nessa região a maior parte dos resíduos utilizados na produção orgânica são provenientes da própria propriedade, mas também de áreas dependentes da chuva, principalmente aqueles resíduos de origem animal. As atividades agrícolas no VSF geram grandes quantidades de materiais orgânicos, esses materiais produzidos podem gerar produtos concentrados, com tecnologia acessível e baixo custo além de possibilitar o armazenamento, no Vale

quando não utilizados na propriedade e o excedente comercializado in natura ou na forma de composto (Silva *et al.*, 2021). Sendo assim que grande importância técnicas para o melhor aproveitamento desses resíduos nesta região.

### **2.2.1.1 Composto orgânico**

Um caso especial de fertilizantes orgânicos são aqueles provenientes do processo de compostagem (Zonta *et al.*, 2021). Ela é uma técnica controlada, onde ocorre a decomposição, que é a quebra matéria orgânica de origem vegetal e animal em partes menores mediada por diversos microrganismos, durante esse processo ocorre a liberação de CO<sub>2</sub> e vapor d'água (Vidigal *et al.*, 2023). A compostagem tem como resultado um produto estabilizado com características diferentes daquelas encontradas na sua matéria prima, denominado de adubo orgânico, que possui nutrientes e húmus e cerca de 50 % a 70 % de M.O (Oliveira *et al.*, 2004).

A compostagem é conhecida como reciclagem do lixo orgânico e na propriedade rural ela é de grande importância. As principais vantagens da sua utilização, além da destinação de resíduos orgânicos, é melhorar as características físicas, química e biológica do solo (Sartori *et al.*, 2012; Dores *et al.*, 2013; Fan *et al.*, 2023). Essa prática é muito importante para o gerenciamento de resíduos agrícolas, pois destina os materiais orgânicos que seriam descartados de maneiras inadequadas no ambiente (Dores *et al.*, 2013; Koul *et al.*, 2022; Vidigal *et al.*, 2023; Alan; Köker, 2023; Hassan *et al.*, 2023). E consequentemente auxiliam na mitigação dos efeitos da mudança climática (Hassan *et al.*, 2023).

A adição da matéria orgânica no solo por meio do composto orgânico é capaz de melhorar os atributos físico-químicos, pelo fornecimento de macro e micronutrientes essenciais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e boro (B), aumento na capacidade de troca de cátions (CTC) e complexação de substâncias tóxicas. E como condicionamento físico para o solo, ela melhora a estrutura, densidade, porosidade e capacidade de retenção e infiltração de água (Oliveira *et al.*, 2004; Alcântara; Madeira, 2008).

Além de auxiliar na manutenção da biota, pois é fonte de alimento para microrganismos decompositores, e são esses microrganismos responsáveis pela

decomposição e mineralização da M.O do solo, e aumenta a população de outros microrganismos benéficos (Oliveira *et al.*, 2004; Alcântara; Madeira, 2008). E auxilia no melhor aproveitamento dos fertilizantes químicos, devido às características físicas como retenção de água, diminuindo as perdas por lixiviação, e promove a solubilização dos nutrientes devido a ação dos ácidos húmicos presentes no húmus (Oliveira *et al.*, 2004).

Em estudo realizado por Bhunia *et al.* (2023), a utilização cuidadosa de resíduos reciclados de matadouros, aumentou a fertilidade do solo, e rendimento no cultivo sucessivo de repolho e espinafre. Em hortaliças como alface, o uso do composto orgânico (C.O) aumentou a quantidade de nutriente foliar como N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn e além de promover incremento na biomassa fresca da parte aérea (Villas Bôas *et al.*, 2004). Esses nutrientes como N, P, K, Ca e Mg liberados são resultados da atividade de organismos presentes nos resíduos orgânicos, e tornam-se disponíveis pelo processo denominado de mineralização (Aquino *et al.*, 2005).

Com a utilização do composto orgânico, a disponibilização de nutrientes ocorre de maneira gradual, o que permite seu melhor aproveitamento de nutriente pelas hortaliças (Sartori *et al.*, 2012), em consequência do aumento da fertilidade do solo a longo prazo, devido ao seu efeito residual, por causa da sua lenta mineralização (Santos *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2010).

Todavia, a produção do composto orgânico proveniente do processo de compostagem, apesar de parecer simples, é necessária alguns cuidados para que ocorra de maneira adequada o processo de decomposição. A compostagem envolve processos muito complexos tanto de natureza química e biológica, promovidas pela atuação dos microrganismos (bactérias e fungos, entre outros), que a partir da degradação da M.O obtêm carbono e nutrientes essenciais para a sua sobrevivência. Por ser um processo biotecnológico, onde a sua eficiência é influenciada pela ação dos microrganismos, é de fundamental importância a sua manutenção. Para a manutenção desses microrganismos é necessário condições adequadas de relação C/N, granulometria do material, O<sub>2</sub>, umidade e temperatura (Sartori *et al.*, 2012; Vidigal *et al.*, 2023).

O primeiro passo para a produção do composto é a escolha do material, que deve ser de fácil acesso e disponível na propriedade, esses materiais podem ser de origem vegetal ou animal, proveniente de atividade agropecuária, agroindústria, cinzas vegetais

e alimentação humana (Ayres *et al.*, 2018). Mas deve-se atentar-se ao fato de não ter contaminantes como pesticidas. Esses materiais, são colocados um sobreposto ao outro, formando uma pilha, a pilha também deve ser construída em um local adequado, que deve ser de fácil acesso, perto ao local onde possui uma fonte de água e matéria prima utilizada, além de estar em um local de baixa declividade, pois assim facilitará a sua drenagem evitando o acúmulo de água (Sartori *et al.*, 2012; Vidigal *et al.*, 2023).

Para fazer a compostagem, deve ser levado em consideração a sua relação C/N, essa relação diz respeito a quantidade de carbono e nitrogênio, que deve ser de 30/1, a cada parte de fonte de carbono deve ser colocado 30 de carbono (Sartori *et al.*, 2012). Caso a relação C/N seja menor, o material irá se decompor mais rapidamente e o excesso de N será perdido na forma de gás, os microrganismos não irão absorver o excesso de N devido à baixa disponibilidade de C (Vidigal *et al.*, 2023).

Após a escolha do material, deve-se ter atenção com o tamanho das partículas, sendo essa fundamental para o processo da compostagem, é indicado estar entre 1 e 5 cm, pois quanto maiores as partículas, maior será o tempo de decomposição (Vidigal *et al.*, 2023). As leiras podem ser no formato triangular, trapezoidal e monte (Nunes, 2009). E no momento da sobreposição da pilha é recomendado, iniciar com uma fonte de carbono como palhada colocando 15 cm e depois 5 cm da fonte de nitrogênio, e assim sucessivamente de maneira intercalada até que atinja a altura de 1,5 m (Vidigal *et al.*, 2023), utilizando da proporção 3/1 (Borges, 2018). De maneira geral, a dimensão da pilha é em função da quantidade do material, local e mão de obra disponível, mas para facilitar o manejo é indicado 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m (Sartori *et al.*, 2012).

Após a formação da pilha, para que o processo de decomposição ocorra de maneira adequada, são necessários alguns cuidados, que serão de acordo com a necessidade observada do composto, como revolvimento, umedecer e monitorar a temperatura de forma periódica até o composto ficar pronto (Vidigal *et al.*, 2023). O manejo e escolha dos materiais de maneira adequada auxilia na manutenção dos principais fatores que influenciam no processo da compostagem, sendo estes relação C/N, umidade, aeração, temperatura (Sartori *et al.*, 2012; Vidigal *et al.*, 2023).

A compostagem é um processo aeróbio, pois a presença de oxigênio é fundamental para a atividade dos decompositores (Sartori *et al.*, 2012). O revolvimento é indicado a cada 7 ou 10 dias, sendo necessário pois previne a compactação, auxilia na

manutenção de O<sub>2</sub>, e distribui uniformemente a água para abaixar a temperatura (Vidigal *et al.*, 2023). Além disso, a principal forma de manter a aeração é com o controle de umidade, para que não ocorra o encharcamento (Nunes, 2009).

O primeiro passo após a montagem da pilha é umedecê-las, pois a presença de água garante a atividade dos microrganismos, e essa umidade durante o processo deve ficar em torno de 60%, em propriedades agrícolas para verificar o teor de água basta apertar o material e verificar se escorre pouca água apenas o suficiente para umedecer os dedos e se forma um agregado devido a umidade (Ayres *et al.*, 2018). Quando a água está em excesso além de prejudicar o desempenho dos microrganismos decompositores, ela pode desenvolver um odor desagradável de ser hospedeiro de moscas, que também é decorrente da falta de oxigênio (Cantú *et al.*, 2022)

A temperatura também é um fator de grande importância, já que a compostagem se caracteriza por ser um processo exotérmico (Sartori *et al.*, 2012). Quando o composto, está com a C/N, umidade e aeração ideais, vai aumentando a temperatura gradativamente e quando o composto está se estabilizando a temperatura vai ficando próxima ao do ambiente. Esse aquecimento ocorre devido a ação dos microrganismos, pois durante a sua ação ocorre a liberação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), vapor d'água e energia. Nem toda energia é consumida por eles, uma parte é liberada na forma de calor assim aquece as pilhas. Para controle da temperatura, pode ser utilizado termômetro de solo ou com barra de ferro, quando ao pegar a barra de ferro, não conseguir segurar é indicado revirar o composto, para que assim ela possa diminuir e ficar na temperatura ideal (Vidigal *et al.*, 2023). Esse monitoramento da temperatura pode ser realizado a cada três dias após a montagem das pilhas (Nunes, 2009).

De acordo com a temperatura o processo da compostagem é dividido em algumas fases, nos primeiros três dias ele deve estar em torno de 40 a 45 °C, tem se a fase mesófila, nesse momento a predominância são de microrganismos que decompõem as proteínas, amidos e açúcares, que são os carboidratos que se decompõem facilmente. Essa temperatura vai aumentando até atingir 60 a 70 °C, isso ocorre devido alta atividade dos microrganismos, o ideal é que nos primeiros 20 dias a temperatura fique em torno de 50 a 70 °C, denominada de fase termófila, nesse momento ocorre a decomposição máxima, e essa alta temperatura é essencial para a eliminação de patógenos e sementes de planta hospedeira. Em seguida o composto vai ficando mais

escuro, e ocorre a redução da temperatura que vai chegando em torno de 45 graus, nesse momento é a fase mesófila, mostrando que o adubo está iniciando a etapa de maturação ou cura. Logo em seguida tem a fase criófila, nesse momento o composto atinge a temperatura ambiente, o que indica que o adubo está pronto (Vidigal *et al.*, 2023).

O tempo de condução do composto dependerá do objetivo da sua utilização, ele estará estabilizado com 30 a 60 dias e curado de 90 a 100 dias (Sartori *et al.*, 2012), e é considerado pronto, se feito da maneira adequada, quando a sua temperatura se estabiliza com a do ambiente, quando seu odor tem cheiro de terra fresca, e apresenta a coloração mais escura que a do material inicial e diminuição as partículas desse produto, o composto fica pronto em torno de três a seis meses e deve apresentar relação C/N inferior a 15 e a umidade abaixo de 50%, o que facilita o ensacamento e distribuição desse fertilizante no solo (Cantú *et al.*, 2022).

Na produção de hortaliças, o composto deve estar no estágio de humificação de 80 % a 100% (Nunes, 2009). E para o uso de materiais orgânicos provenientes da agricultura, deve-se atentar e seguir a legislação, nacional e estadual. O adubo pronto deve seguir as especificações contidas na legislação brasileira, como a Instrução Normativa 61 de 08.07.2020 do MAPA, onde consta as características necessárias do composto como fertilizante, para seu uso e comercialização.

A Lei que dispõe sobre Política Estadual de Resíduos Sólidos no estado de Pernambuco é nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010, Lei que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no estado da Bahia é a nº 12.932, de 07 de janeiro de 2014. Já finalizado ele pode ser utilizado tanto em jardins, pomares e hortas (Sartori *et al.*, 2012). Segundo Gavilanes-terán *et al.* (2017), a utilização de composto agroindustriais em cultivos hortícolas em países em desenvolvimento como Equador, contribui no descarte adequado de forma ecológica e melhora o rendimento da cultura de maneira sustentável.

Tratando-se da espécie *C. chinense*, apesar da sua importância econômica e social e o além do Brasil ser o centro de diversidade há poucos estudos sobre essa espécie. Experimento conduzido por Galvão *et al.* (2022) mostrou que a utilização de dose crescente de composto orgânico, produzido a partir de resíduos vegetais e animais (esterco de galinha, esterco de pato, casca de mandioca, folha de mandioca, palha de feijão, casca de arroz e sabugo de milho) proporcionou um aumento linear no peso dos

brotos, massa fresca e seca da planta e na produtividade da pimenta habanero, todavia não atingiu a sua máxima produção. Neste estudo, foi verificada a importância da adubação na cultura estudada, pois aos 103 dias o tratamento controle ainda não havia produzido frutos. Enfatizando assim a necessidade de pesquisas que estudem diferentes taxas de fertilizante orgânico.

A dose de composto orgânico recomendado varia em função do tipo utilizado, do solo, qual a cultura e condições ambientais (Villas Bôas *et al.*, 2004). Em geral no manejo de hortaliças, as doses de adubação orgânica recomendadas estão entre 10 a 50 t ha<sup>-1</sup>, tanto de esterco curtido como para composto orgânico. Todavia, as doses precisam ser ajustadas conforme a cultura, local e manejo. Além de considerar o efeito residual da adubação orgânica, pois o manejo intensivo tende a favorecer o acúmulo de nutrientes no solo (Souza; Alcântara, 2008). O cultivo das pimenteiras é realizado principalmente com pequenos produtores (Pinto *et al.*, 2006). Sendo assim é crucial ferramentas que auxiliam na sustentabilidade do agroecossistema e conseqüentemente o fortalecimento da agricultura de base familiar, segundo Garcia *et al.* (2020) a compostagem é uma técnica ecológica e eficaz para estimular a agricultura com objetivo o aumento da soberania alimentar.

### **2.2.2 Bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV)**

Outra ferramenta estratégica para promover sustentabilidade em agroecossistemas é a aplicação de microrganismos eficientes, dentre eles as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Essas bactérias que ocorrem em ambientes naturais, podem ser de vida livre Glick, (2012), ou formar relações simbióticas ao colonizar a raiz (rizosfera), superfície de folhas e caule das plantas (filosfera) ou interior (endofíticas) das espécies vegetais e são caracterizadas por não serem fitopatogênicas (Glick, 2014). Na agricultura, podem ser utilizadas via sementes, na micropropagação, incorporadas no substrato, em estacas, raízes e tubérculos, na pulverização de folhas e frutos e no manejo de pós-colheita (Mariano *et al.*, 2004).

Tratando-se da interação bactérias promotoras de crescimento e planta, é na rizosfera que boa parte dessas interações ocorrem. A quantidade e tipo de bactérias presentes no solo varia em função dos fatores bióticos e abióticos do ambiente (Cardoso e Andreote, 2016). Em solos com presença de estresse ambiental, pode apresentar um número menor de bactérias no solo (Timmusk *et al.*, 2011). Geralmente, a concentração

de bactérias é superior na rizosfera do que no resto do solo (Glick, 2012). Isso se dá, por que ao se desenvolver as plantas liberam exsudados como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos, flavonoides e enzimas, esses exsudados liberados favorecem o desenvolvimento das populações bacterianas, a composição dos exsudatos variam de acordo com a espécie vegetal (Chai *et al.*, 2022; Chen e Liu, 2024). Em contrapartida, as BPCV atuam de maneira direta ou indireta, auxiliando o crescimento das plantas (Glick, 2014; Mariano *et al.*, 2004; Glick, 2012; Emmanuel e Babalola, 2020)

A atuação das (BPCP) no crescimento vegetal pode ser por meio de mecanismos diretos pela produção de compostos benéficos como produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas como a ACC-deaminase ou auxiliando da absorção de nutrientes por meio mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos, fixação do nitrogênio, aumento da superfície de absorção, entre outros. Bem como indireto, quando a bactéria atua como agente de controle biológico, pela produção de compostos antagonistas como ácido cianídrico, bacteriocinas e antibióticos, além do parasitismo ou até mesmo a competição por espaço dentre outros (Mariano *et al.*, 2004; Glick, 2012; Pathania, *et al.*, 2020; Emmanuel e Babalola, 2020).

Existem diversos gêneros de (BPCV) no ambiente, na literatura os mais citados em pesquisas são pertencentes ao gênero: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Paenibacillus*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Azospirillum*, *Ochromobactrum*, *Klebsiella*, *Pantoea*, *Stenotrophomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Brevibacillus*, *Novosphingobium*, *Rhizobium*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Aneurinibacillus*, *Cellulosinmicrobium*, *Chryseobacterium*, *Delftia*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Herbaspirillum*, *Sphingomonas*, *Staphylococcus* (Castaño *et al.*, 2021). Na qualidade e produtividade de espécies hortícolas, as bactérias promotoras de crescimento são uma alternativa para a produção sustentável (Emmanuel; Babalola, 2020; Gunjal; Glick, 2024).

As bactérias pertencentes ao gênero *bacillus*, é dos principais gêneros estudados, elas são organismos gram-positivos, e têm sido amplamente utilizadas na agricultura pela sua capacidade em fitoestimulação, biofertilização e bioproteção (Aloo *et al.*, 2019). As principais cepas comercializadas do gênero *bacillus*, *Bacillus fimus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus mucilaginous*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus*

spp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Burkholderia cepacia* (Glick, 2012).

Outro gênero de importância agrícola é o gênero *azospirillum*, são bactérias gram-negativas, auxiliam as plantas na produção de fitohormônios como auxinas, ácido abscísico, giberelinas. São utilizadas pelo seu potencial em fixação de nitrogênio atmosférico, solubilização de fosfato (Pathania *et al.*, 2020). As bactérias do gênero *Azospirillum* comercializadas são *Azospirillum brasilense* e *Azospirillum lipoferum* (Glick, 2012).

Estudo realizado com *C. chinense*, investigou a propriedades relacionadas ao crescimento vegetal em *Bacillus subtilis*, onde relataram capacidade de solubilização de fosfatos, produção de ácido indol-3-acético (IAA), melhorando o número de frutos, rendimento e crescimento de pimenta Habanero (Mejía-Bautista *et al.*, 2022). Da mesma maneira, tratando-se dos parâmetros produtivos, Samaniego-Gámez *et al.* (2023) relatou que a utilização de *B. subtilis* em Habanero aumentou o peso de frutas e número de frutas por plantas.

Segundo Duca *et al.* 2014, *A. brasiliense* secreta fitohormônios como auxina que está ligado diretamente ao aumento do sistema radicular da planta. A utilização de *Azospirillum* sp no primeiro mês promoveu desenvolvimento no sistema radicular, aumentando o número de raízes terciárias e secundárias e aumento na parte aérea de pimenta habanero (Canto-Martin *et al.*, 2004).

De acordo com Vieira *et al.* (2010) os hormônios atuam em diversas funções inibindo ou modificando os processos fisiológicos vegetal. Pode estar presente em todas as fases do desenvolvimento vegetal, desde a germinação, passando pelo desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e na senescência. Como um dos mecanismos de ação das BPCV, a produção de auxinas atua no desenvolvimento do sistema radicular (Duca *et al.*, 2014), por meio da divisão e alongamento celular (Vieira *et al.*, 2010). Assim as espécies vegetais conseguem absorver mais água e nutrientes, favorecendo seu crescimento (Duca *et al.*, 2014) e produtividade (Emmanuel; Babalola, 2020).

Além de favorecer a disponibilização de nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal por meio do desenvolvimento radicular, promove a fixação do nitrogênio N, solubilização de fosfatos P e K (Emmanuel; Babalola, 2020). Em suma, esses nutrientes são de fundamental importância e atuam na constituição e exercem

funções essenciais para a planta, como na fotossíntese produzindo compostos orgânicos. A falta de nutrientes essenciais causa anormalidades no crescimento, desenvolvimento e sistema reprodutivo, impedindo que a planta complete seu ciclo (Taiz, 2017).

### 2.2.3 Adubação orgânica x BPCV

Na olericultura a utilização de composto orgânicos é uma alternativa ecológica para produção mais sustentável (Sediyama *et al.*, 2009; Porto *et al.*, 2023). Por diminuir os impactos ambientais ocasionados pelo descarte inadequado de resíduos orgânicos e ter a capacidade de melhorar as características física, química e biológica do solo e consequentemente a produção das plantas (Sartori *et al.*, 2012; Dores *et al.*, 2013). Todavia, a sua utilização pode não ser o suficiente para atender as necessidades das plantas. Com isso, outra alternativa sustentável é a utilização das bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), que auxiliam no crescimento das plantas pela produção de compostos benéficos como auxinas, giberelinas, facilitam a absorção de nutrientes e os torna mais disponíveis, além de proteger contra patógenos (Emmanuel; Babalola, 2020). Estudo indica, que a essa associação de bactérias no solo podem maximizar os benefícios oriundos do composto orgânico (Alotaibi *et al.*, 2022).

Ao avaliar características biométricas e nutricional das plantas, a associação entre fertilizantes orgânicos e BPCV se mostrou vantajosa. Em culturas de grande importância como milho essa associação ao inocular *Azospirillum brasilense* em cultivo de milho sob adubação orgânica (cama de frango), aumentou o aporte de biomassa da parte aérea da planta (Vitto *et al.*, 2022). Em estévia, o uso de *A. brasiliense* e *B. circulans* e composto, melhoraram a síntese de clorofila e absorção de nutrientes pelas plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, além de terem efeitos significativos na CT e C-orgânico (Alotaibi *et al.*, 2022).

Já em trabalho realizado com soja, o enriquecimento de composto orgânico com *B. Subtilis*, proporcional no melhor crescimento radicular (Salvador *et al.*, 2022). E em cana de açúcar, onde o uso do composto e *bacillus* sp. e *Rhizobium* sp. de aumentou a disponibilidade de P na parte aérea da cultura de cana de açúcar, em comparação aos tratamentos apenas com o composto ou superfosfato triplo (Estrada-Bonilla *et al.*, 2021).

Em culturas hortícolas foi encontrado resultados similares, como no crescimento do pimentão (Sini *et al.*, 2024). Em cultivo sequencial de tomate e trigo a aplicação de

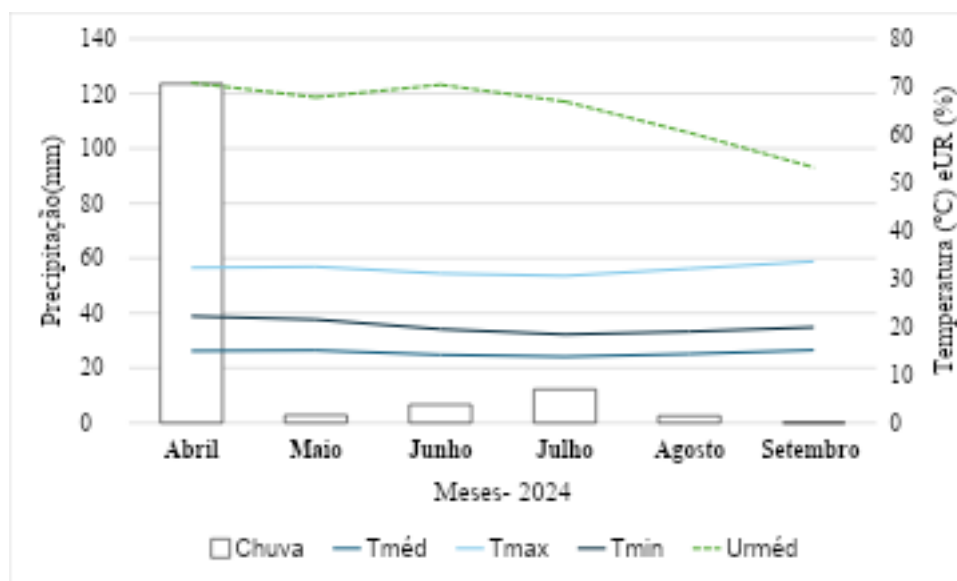
vermicomposto e bactérias solubilizadoras de fosfato, aumentaram o fósforo disponível no solo e melhorou a nutrição de P dessas espécies vegetais, devido ao potencial de solubilização das bactérias (Parastesh *et al.*, 2019). Mecanismo também relatado por Wang *et al.* (2022) onde as bactérias bacillus sp. com capacidade de solubilização de P em associação do substrato de cogumelos gasto e promoveu crescimento e aumentou a atividades enzimáticas e a biomassa microbiana em solo, em cultivo de tomate.

Por isso é essencial pesquisas que visem auxiliar no desenvolvimento vegetal, por meio de ferramentas que auxiliem na produção de hormônios, enzimas e que atuem no solo transformando nutrientes presentes no solo em disponíveis e promovendo proteção das plantas. Aliados, C.O e BPCV, podem ser uma alternativa para diminuição de insumos e conseqüentemente os impactos ambientais pela redução de fertilizante, melhoria na qualidade do solo, como ferramenta para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e mitigar os efeitos da mudança climática.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição do local do experimento**

A condução do experimento foi realizado em pimenta bico (*Capsicum chinense*) na casa de vegetação com a tela do tipo Chromatinet® 40%, localizada no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia (DTCS-UNEB), em Juazeiro -BA (coordenadas: 09°24'50" S, 40°30'10" W, a 368 m de altitude). O clima de Juazeiro-BA é classificado como BSh', segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). De acordo com a Estação Meteorológica localizada na UNEB, durante a condução do experimento de abril a setembro de 2024 a temperatura média foi de 25,5 °C e o mês com maior precipitação foi abril com 123,6 mm de chuva e umidade relativa do ar (UR) variando de 53,2 a 70,8 % (Figura 1).



**Figura 1** Médias mensais de precipitação (Chuva), temperatura média (Tméd), máxima (Tmax) e mínima (Tmin), umidade relativa do ar (UR méd) durante os meses de abril a setembro de 2024, período do experimento em cultivo protegido no (DTCS-UNEB), em Juazeiro-BA, 2024

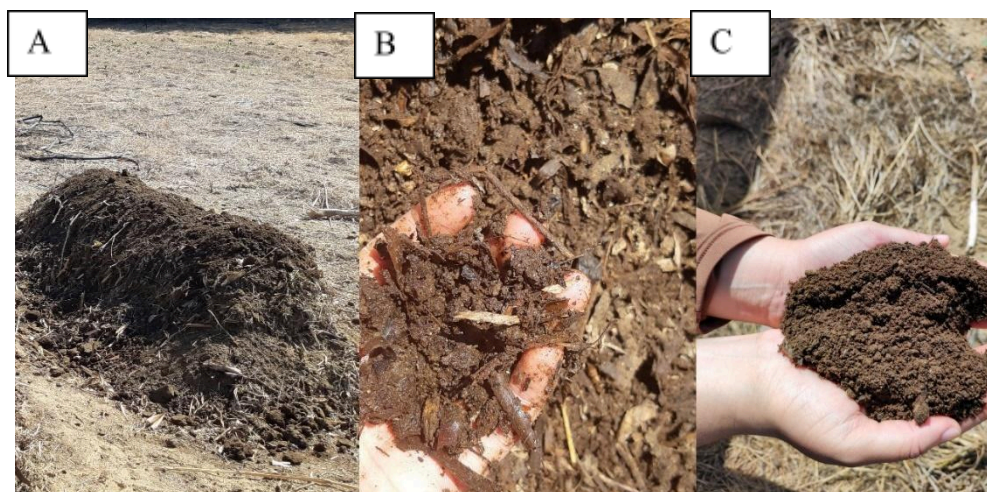
### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 3), com 4 repetições e cada unidade experimental foi constituída de um vaso. O primeiro fator foi referente aos inoculantes (BPCVs): (1) sem inoculantes (2) AZOKOP (3) SERENADE. O segundo fator foi referente às três doses de composto orgânico (C.O): (1) 10 t ha<sup>-1</sup>, (2) 20 t ha<sup>-1</sup>, (3) 30 t ha<sup>-1</sup>. O experimento ficou com a seguinte descrição: T1-10 t ha<sup>-1</sup> de C.O; T2-20 t ha<sup>-1</sup> de C.O; T3-30 t ha<sup>-1</sup> de C.O; T4- 10 t ha<sup>-1</sup> de C.O + (2 mL) SERENADE; T5-20 t ha<sup>-1</sup> de C.O +(2 mL) SERENADE; T6-30 t ha<sup>-1</sup> de C.O + (2 mL) SERENADE; T7-10 t ha<sup>-1</sup> de C.O + (2 mL) AZOKOP; T8-20 t ha<sup>-1</sup> de C.O + (2 mL) AZOKOP; T9-30 t ha<sup>-1</sup> de C.O + (2 mL) AZOKOP.

### 3.3 Condução do experimento em vasos

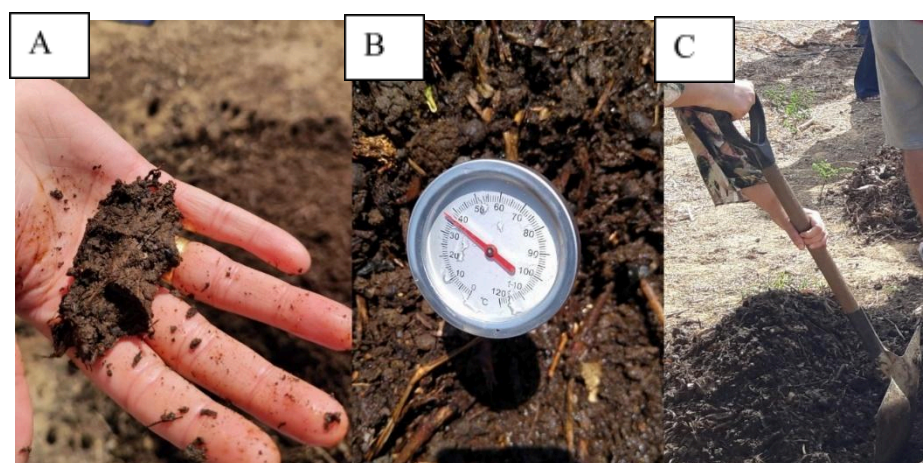
Antes da implementação do experimento, foi realizada a produção do composto orgânico a partir de resíduos agropecuários provenientes do VSF. A metodologia adotada de montagem e monitoramento das pilhas foi adaptada de literatura disponível como Vidigal *et al.* (2023). Os resíduos orgânicos utilizados para a compostagem foram folhas de bananeira e leucena trituradas, esterco caprino e cinzas vegetais. Para a construção das pilhas foi adicionado 5 cm de fonte de carbono, seguido de 3 cm de fonte de nitrogênio e uma porção (pá) de cinzas, formando camadas até 1,5 m de altura, ao final do processo a pilha ficou na dimensão de 1m x 3 m x 1,5 m no modelo

trapedozial. A compostagem iniciou em 2023 e o processo ocorreu durante 120 dias. E o composto foi considerado pronto, quando a temperatura se estabilizou com a do ambiente e apresentou cor marrom escura e com odor de terra fresca (Figura 2).



**Figura 2** Pilha para a produção de composto orgânico (A), materiais orgânicos iniciais (B) e produto final (C), CAERDS- UNEB, Juazeiro-BA, 2023. Fonte: Próprio autor.

Durante a compostagem foi realizado o monitoramento dos principais fatores que interferem nesse processo como umidade, temperatura e aeração (Figura 3). Nesse estudo o requisito de saneamento estabelecido quando o composto atinge temperatura em torno de 50 a 70 ° C, nos primeiros 20 dias na sua fase termófila para eliminação de possíveis patógenos e plantas daninhas foi atendido, critério observado de acordo com as instruções de Vidigal *et al.* (2023).



**Figura 3** Monitoramento de umidade (A), temperatura (B) e manejo de aeração (C) do processo de compostagem, CAERDS- UNEB, Juazeiro-BA, 2023. Fonte: Próprio autor.

Ao final do processo de compostagem, foi realizada análise química obtendo o resultado: N-15,95 (g kg<sup>-1</sup>); P-6,43 (g kg<sup>-1</sup>); K- 6 (g kg<sup>-1</sup>); Ca-41,1(g kg<sup>-1</sup>); Mg- 7 (g kg<sup>-1</sup>); C- 135,9 %; C/N- 9; M.O-234,3 (g kg<sup>-1</sup>); Umidade- 47,7 %; pH- 7,6; C.E./25°C dS m<sup>-1</sup> 4,5. Essas características foram comparadas com as exigidas na Instrução Normativa 61 de 08.07.2020 do MAPA (BRASIL, 2020). Dentro dos critérios de qualidade avaliados o composto orgânico ele se enquadra nos parâmetros avaliados pela legislação, para comercialização de fertilizante orgânico composto sólido.

A cultivar utilizada na pesquisa foi a pimenta bico (*C. chinense*), comercializadas pela empresa Feltrin sementes (Figura 4). A Semeadura ocorreu no início março de 2024 utilizando uma bandeja (poliestireno) com 200 células e substrato comercial Lupatec com as seguintes características físico-químicas: N-6,09 (g kg<sup>-1</sup>); P-2,23 (g kg<sup>-1</sup>); K- 5 (g kg<sup>-1</sup>); Ca-19,65 (g kg<sup>-1</sup>); Mg- 3,7 (g kg<sup>-1</sup>); C- 337,5 %; C/N- 55; M.O-581,9 (g kg<sup>-1</sup>); pH- 8,6; C.E./25°C dS m<sup>-1</sup> 1,86. Após 29 dias, as mudas foram transferidas para copos descartáveis de 200 ml, para auxiliar no desenvolvimento do sistema radicular. Durante a produção das mudas a irrigação foi realizada por sistema de aspersão duas vezes ao dia, até o momento do transplante para os vasos. Aos 54 dias após o semeio foi realizado transplante para os vasos definitivos conforme a recomendação para a cultura da pimenta, quando as plantas apresentavam de 3 a 5 pares de folhas definitivas (EPAMIG, 2022).



**Figura 4** Pimenta bico (*C. chinense*), cultivo no (DTCS-UNEB) em Juazeiro -BA em 2024. Fonte: Próprio autor.

O experimento foi conduzido em vasos de 5 litros, o solo utilizado foi proveniente de uma área localizada no (DTCS-UNEB), em Juazeiro -BA, classificado como Neossolo flúvico, com as seguintes características físico-químicas: M.O - 5,0 g

kg<sup>-1</sup>; C-2,9 g kg<sup>-1</sup>; P disponível 7,6 mg kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> - 0,17 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> -1,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> -0,37 cmolc dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> -0,01 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> -0,00 cmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al 0,48 cmolc dm<sup>-3</sup>, pH (H<sub>2</sub>O)- 6,2; C.E./25°C dS/m- 0,35.

Para a condução do experimento, foi realizada previamente a escolha das doses de composto e inoculantes. A definição das doses do composto orgânico foi baseada na dose recomendada de adubação orgânica (esterco curtido) para a cultura da pimenta, sendo está 20 t ha<sup>-1</sup> (EPAMIG, 2022). Com base nessa recomendação, foi utilizada uma dose menor equivalente a 50% (10 t ha<sup>-1</sup>), a 100% (20 t ha<sup>-1</sup>) e 150% (30 t ha<sup>-1</sup>) da dose recomendada. A adubação com o composto orgânico, foi parcelada em duas épocas, a primeira dose foi realizada sete dias antes do plantio aplicada ao centro do vaso a 10 cm de profundidade e a última ocorreu quarenta e um DAT em superfície, aplicada a 10 cm do caule da planta.

A aplicação com os produtos comerciais de BPCV, como o AZOKOP® contendo *Azospirillum brasilense* AbV5 e AbV6 (1,8 x 10<sup>8</sup> UFC/mL) e o biofungicida SERENADE® à base de *Bacillus subtilis* QST 713 (1 x 10<sup>9</sup> UFC/g) foi realizado duas vezes ao decorrer do experimento. As aplicações foram realizadas com a micropipeta adicionando 1 mL do inoculante no colo da planta, em cada uma das aplicações. A primeira aplicação ocorreu no momento do transplante e a segunda em quarenta e nove DAT.

Segundo a bula fornecida pela Koppert o AZOKOP® é um inoculante que atua na planta promovendo maior desenvolvimento e produção vegetal, devido a sua capacidade de colonizar as raízes e fornecer nutrientes, principalmente o nitrogênio, e vem sendo utilizado devido ao seu potencial como promotor de crescimento (Dutra, *et al.*, 2025). De acordo com a Bayer o SERENADE®, é um fungicida bactericida e inseticida que atua por competição e contato, e atua no desenvolvimento vegetal conferindo proteção às plantas, nesse experimento assim como pesquisa prévia (Ferreira *et al.*, 2021), foi considerado a sua atuação como promotor de crescimento.

Durante o cultivo da pimenta, foram realizados tratamentos culturais, que consistiram na aplicação de micronutrientes ainda nas mudas em 09/05/2024 e 16/05/2024. Após o transplante para os vasos dia 12/07/2024 foi aplicado AJIFOL®- premium e AJIFOL® cálcio, e a última aplicação de micronutrientes ocorreu em 05/08/2024. Para o controle de plantas espontâneas foi realizado a retirada manual das mesmas dos vasos e para o

controle de pragas foram colocadas armadilhas adesivas da coloração azul e amarelas no viveiro, e aplicação de óleo de neem a 1%, Boveril, PREV-AM® e Actara de maneira alternada seguindo a recomendação de aplicação para a cultura do pimentão/tomate. Para a irrigação o nível de água mantido durante o experimento, foi correspondente a 100 % da sua capacidade de vaso, para o cálculo da lâmina, foi utilizada a fórmula adaptada de Mantovani *et al.* (2009).

### **3.4 Variáveis analisadas**

Durante o desenvolvimento das plantas de pimenta biquinho foram realizadas avaliações das variáveis aos 25 e 115 após o transplântio (DAT): altura (AL), medida da superfície do solo até a extremidade do meristema apical; diâmetro do colo (DC), medida com o paquímetro digital aproximadamente 5 cm da superfície do solo; a clorofila foi obtida por leituras indiretas da clorofila foliar, utilizando o medidor portátil que obtém dados de Índice de Clorofila Falker (ICF) (a, b e total), avaliado no terço médio das plantas com a utilização do aparelho eletrônico clorofiLOG Falker®.

Ao final do experimento aos 125 DAT, foi realizado uma amostragem de quatro plantas por tratamento e foram realizadas as análises de: comprimento da raiz (CR), com uma régua e levou em consideração a maior ramificação; volume de raiz (VR), as raízes eram colocadas em um recipiente de volume conhecido e preenchido com água, considerou o volume da raiz sendo o volume de água que aumentou após a inserção do sistema radicular no recipiente; massa fresca da parte aérea (MFPA) considerado o caule, ramos e as folhas frescas e massa fresca da raiz (MFPR) foram pesados em balança analítica; massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR) total, após um período de 72 h de secagem em uma estufa de circulação forçada a 60°C, foram pesados em uma balança analítica separadamente; massa fresca (MFT) e seca total (MST), foi obtida a partir da soma a massa fresca/seca da parte aérea e massa fresca da raiz (g).

### **3.5 Análise estatística**

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e quando significativo foi realizado teste de Scott-knott a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Agroestat (Barbosa; Maldonado, 2010).

## **4. RESULTADO E DISCUSSÃO**

De acordo com o resumo da análise de variância (ANAVA) ( $p < 0,05$ ), na tabela 1, 2 e 3, verificou-se que não ocorreram efeitos significativos para os diferentes

inoculantes utilizados, como visto nas variáveis de altura, diâmetro do colo, índice de Clorofila Falker (a, b e total), comprimento da raiz, volume de raiz, massa fresca da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz, massa fresca total e seca total. Bem como a interação entre o fator inoculantes e doses de composto orgânico não foi significativa para nenhuma das variáveis coletadas no experimento. Todavia, as doses de composto foram estatisticamente significativas para a maioria das variáveis.

**Tabela 1** Análise de variância para altura (AL) e diâmetro do colo (DC) de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 25 e 115 DAT.

FV	GL	Quadrados médios			
		AL		DC	
		25 DAT	115 DAT	25 DAT	115 DAT
(I)	2	0,06 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
(D)	2	5,56 <sup>**</sup>	70,79 <sup>**</sup>	0,36 <sup>*</sup>	1,58 <sup>**</sup> <
D X I	4	1,43 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,92	8,27	0,04	0,08
CV (%)		13,70	11,44	8,13	4,15

\* = significativo a 5%; ns = não significativo a 5%; FV= Fontes de variação; CV= Coeficiente de variação.

**Tabela 2** Análise de variância para índice de Clorofila Falker (ICF a), (ICF b) (ICF-Total) e de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 25 e 115 DAT.

FV	GL	Quadrados médios					
		ICF a		ICF b		ICF-Total	
		25 DAT	115 DAT	25 DAT	115 DAT	25 DAT	115 DAT
(I)	2	5,81 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	13,78 <sup>ns</sup>	10,41 <sup>ns</sup>	14,00 <sup>ns</sup>
(D)	2	2,27 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	4,15 <sup>ns</sup>	4,52 <sup>ns</sup>	53,78 <sup>**</sup>	11,25 <sup>ns</sup>
D X I	4	2,35 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	8,04 <sup>ns</sup>	7,12 <sup>ns</sup>	5,88 <sup>ns</sup>
Resíduo		3,30	3,56	3,54	7,82	9,67	12,22
CV (%)		6,72	6,04	24,58	25,64	6,98	8,69

\* = significativo a 5%; ns = não significativo a 5 %; FV= Fontes de variação; CV= Coeficiente de variação.

**Tabela 3** Análise de variância para volume de raiz (VR), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFPR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR), massa fresca total (MFT) e seca total (MST) de pimenta bico cultivada sob diferentes inoculantes (I) e doses de composto orgânico (D) aos 125 DAT.

		Quadrados médios							
		VL	CR	MFPA	MFPR	MFT	MSPA	MSPR	MST
FV	GL	(mL)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
(I)	2	31,77 <sup>ns</sup>	132,52 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	13,44 <sup>ns</sup>	20,78 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>
(D)	2	202,08 <sup>**</sup>	259,84 <sup>ns</sup>	137,41 <sup>**</sup> <	228,90 <sup>*</sup>	698,80 <sup>*</sup> <	15,81 <sup>*</sup> <	8,59 <sup>**</sup> <	46,29 <sup>**</sup> <
D X I	4	12,76 <sup>ns</sup>	98,93 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	29,78 <sup>ns</sup>	36,62 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>
Resíduo		29,39	143,89	7,30	29,59	45,77	0,86	0,62	1,87
CV (%)		18,58	19,39	18,41	19,35	15,81	20,75	18,22	15,50

\* significativo a 5%; ns= não significativo a 5 %; FV= Fontes de variação; CV= Coeficiente de variação.

Embora os inoculantes avaliados não tenham mostrado efeito significativo sobre as plantas de pimenta bico, para as condições de cultivo avaliados no experimento. Os estudos realizados com a pimenta habanero pertencente à mesma espécie do grupo biquinho, ao qual a pimenta bico faz parte, indicaram benefícios com a utilização de diferentes estirpes de *B. subtilis* (Mejía-Bautista *et al.*, 2022) e *Azospirillum sp.* (Canto-Martin *et al.*, 2004). Em contrapartida, os resultados observados neste trabalho são consistentes com estudos anteriores que avaliaram somente as bactérias sem adição do composto em habanero, não havendo efeito com aplicação de *A. brasiliense* nos parâmetros de crescimento (altura, diâmetro, biomassa seca) (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014). E alguns isolados de *Bacillus spp.*, reduziram a germinação (Sosa-Pech *et al.*, 2019).

Esse estudo enfatiza que apesar das BPCV serem benéficas, não apresentaram efeitos significativos sobre os parâmetros de crescimento da cultura investigada. Segundo Oliveira *et al.* (2022), obtiveram resultados similares ao investigar diferentes métodos de inoculação com *A. brasiliense* e *Metghybaacterium sp* em dois genótipos de milho com o uso de adubação orgânica e ainda destacaram que esse resultado pode ser

explicado pela alta disponibilidade inicial de nutrientes, como N, proveniente do composto, o que pode reduzir a resposta à inoculação, nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta. Similar a esses resultados, Salvador *et al.* (2022), não observou efeito de otimização com uso de *b. Subtilis* na maioria das variáveis de crescimento analisadas em soja e enfatizou potencial do composto na resposta das variáveis observadas.

Isso corrobora com a hipótese de que os efeitos de microrganismos eficientes não são universais (Oliveira *et al.*, 2022). O desempenho de bactérias promotoras de crescimento vegetal depende de condições como pH do solo, disponibilidade de água, nutrientes, temperatura e diversidade microbiana (Florencio *et al.*, 2022), além da relação com a cultura (Oliveira *et al.*, 2022). Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que a adubação foi um fator determinante para o crescimento da pimenta bico. Fato esse observado em outra cultura, estudo como o de Alotaibi *et al.* 2022, em estévia com utilização de *A. brasilense* e *Bacillus circulans*, houve melhora dos indicadores de qualidade de solo, dentre eles disponibilidade de nutrientes, atividade enzimática do solo e microrganismos do solo, além do pH e matéria orgânica. Mas apesar da importância dessa associação, a adubação orgânica mostrou ser o fator mais determinante no crescimento vegetal.

A observação acima citada vai ao encontro com trabalhos que avaliaram exclusivamente o efeito da adubação orgânica. Apesar dos efeitos de fertilizantes orgânicos sobre a espécie *C. chinense* principalmente o grupo biquinho, ainda serem poucos evidenciados, trabalho realizado por Pereira *et al.* (2021), constatou que o biofertilizante como uma alternativa viável à substituição do adubo convencional, para a produção da cultivar biquinho.

Nesse estudo a principal contribuição para o crescimento da pimenta bico está relacionada aos benefícios da compostagem, possivelmente influenciado pela maior disponibilidade de nutrientes, independentemente da associação dos inoculantes. No qual as doses do composto orgânico tiveram um efeito significativo nos parâmetros de crescimento das plantas na tabela 1, 2 e 3. Esses resultados convergem com estudo prévio no cultivo do milho, segundo Ali *et al.* (2023), em comparação apenas da avaliação das doses de composto isoladamente, à medida que a dose de composto aumentava, foi possível notar que obteve aumento significativo altura da planta, peso

fresco e seco da parte aérea, comprimento da raiz, peso fresco seco da raiz em 21% a 54% em comparação com o solo, segundo os autores isso se dá em resposta ao potencial do composto em melhorar a qualidade do solo.

Apesar dos resultados significativos para a maioria das variáveis analisadas, as doses de composto orgânico não foram significativas para comprimento de raiz e Índice de Clorofila Falker (*a* e *b* aos 25 e 115 DAT, e Total aos 115 DAT). Esses resultados em pimenta bico quando aplicado composto orgânico, foi similar ao constatado por Ghouili *et al.* (2022) e Ghouili *et al.* (2023) para comprimento de raiz que não ocorreu efeito significativo entre o solo sem tratamento e quando aplicado composto. Assim como, para teor de clorofila por Khaitov *et al.*, (2019) em pimenta sob diferentes doses em dois períodos distintos, que não ocorreu diferenças significativas. Para esses autores, assim como observado neste estudo de pimenta bico, embora o composto tenha sido significativo para as demais variáveis de crescimento, ele pode não influenciar todos os parâmetros simultaneamente, sem que isso comprometa o crescimento vegetativo de maneira geral.

Na tabela 4, estão representados os valores de altura e diâmetro nas avaliações de 25 DAT e 115 DAT e ICF-Total aos 115 DAT. Em altura de plantas aos 25 DAT foi registrada o maior crescimento com a utilização das doses 20 t ha<sup>-1</sup> e 30 t ha<sup>-1</sup>, com resultado (7,04 cm e 7,68 cm) superior à dose de 10 t ha<sup>-1</sup> (6,32 cm). Diferentemente do observado aos 115 DAT, onde a altura (27,93 cm) foi superior apenas na dose 30 t/ha quando comparado a 20 (23,83 cm) e 10 t ha<sup>-1</sup> (23,62 cm) que foram iguais estaticamente. O aumento da altura, foi progressivo em função das doses de composto orgânico, indicando que o aporte de matéria orgânica estimulou a maior disponibilidade de nutrientes, refletindo no maior crescimento das plantas.

**Tabela 4** Valores médios de altura de plantas (AL) e diâmetro (DC) aos 25 e 115 DAT, e índice de clorofila Falker (ICF-Total) aos 25 DAT, em função das doses de composto orgânico em cultivo de pimenta bico.

Doses (D)	AL (cm)		DC (mm)		ICF-Total
	25 DAT	115 DAT	25 DAT	115 DAT	25 DAT
(D1) 10	6,32 b	23,62 b	2,40 b	6,62 c	42,14 b
(D2) 20	7,04 a	23,83 b	2,61 a	6,88 b	45,16 a
(D3) 30	7,68 a	27,93 a	2,75 a	7,33 a	46,22 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade.

Essa perspectiva encontra respaldo nos resultados semelhantes em função da dose de adubo que foram observadas plantas de *Capsicum annuum* L., segundo Khaitov *et al.* (2019) a aplicação da maior dose de esterco bovino 265,4 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou um aumento da altura da pimenta malagueta aos 70 DAT e 130 DAT em comparação ao tratamento com metade da maior dose e solo sem adubação, esses resultados estão associados ao aumento teores de Ca, K, Mg, Na, P total e N em todas as partes vegetativas.

Concordantes com os dados de Kebede, Berhe, Zergaw (2023), no qual avaliou biochar e o composto, tratando apenas da avaliação do último e em comparação ao controle, a maior altura também foi proporcionada pelo incremento das doses do composto de polpa do café nas seguintes proporções 5 t ha<sup>-1</sup>, 7,5 t ha<sup>-1</sup> e 10 t ha<sup>-1</sup>. Essa resposta da altura a dose, está convergente aos resultados observados em outras espécies vegetais, como na cultura do milho sob cama de frango (Vitto *et al.*, 2022) e acelga com composto orgânico (Kebede; Diriba; Boki, 2023) e morango sob composto de resíduos vegetal de cozinha (Saygi, 2023).

O diâmetro de caule demonstrou o mesmo comportamento observado em altura aos 25 DAT, onde a dose de 20 e 30 t ha<sup>-1</sup> também se destacaram, com valores de 2,61 cm e 2,75 cm respectivamente, superiores à dose 10 t ha<sup>-1</sup> (2,40 cm). Mas aos 115 DAT ocorreu incremento do diâmetro em função das doses, com o maior diâmetro (7,33 cm) na dose 30 t ha<sup>-1</sup>. A resposta conjunta da altura e diâmetro demonstra a influência do composto orgânico no desenvolvimento, corroborando com resultados Khaitov *et al.* (2019) em pimenta e Vitto *et al.* (2022) em milho, onde a aplicação da maior dose de adubo orgânico influenciou positivamente de forma simultânea nessas variáveis, esses autores sugerem que o incremento dessas variáveis está relacionado ao incremento da fertilidade do solo com aumento da dose.

Embora inicialmente não tenha ocorrido diferenças muito pronunciadas quanto a influência da maior dose no crescimento, fato esse observado na avaliação de 25 DAT para altura e diâmetro do caule, onde as doses 20 e 30 t ha<sup>-1</sup> não diferiram significativamente, mas na avaliação seguinte essa diferença em questão das doses no crescimento foi acentuada. Esse comportamento, pode ser relativo ao potencial da maior dose ter suprido a necessidade da planta ao longo do ciclo, enquanto possivelmente a

dose 20 t ha<sup>-1</sup> do composto atendeu apenas as exigências iniciais para a pimenta avaliada.

Diferentemente do comportamento observado em altura e diâmetro a variação quanto à melhor dose foi observada em clorofila em apenas um período de avaliação, apesar disso, nessa avaliação, as maiores doses 20 e 30 t ha<sup>-1</sup> de composto apresentaram o índice de clorofila Falker (Total) superior ao observado na menor dose, isso reflete que as maiores doses estimularam o melhor desempenho da planta aos 25 DAT. Consistente com achados para as demais variáveis citadas anteriormente.

Apesar da influência ter sido visualizada em apenas em 25 DAT para ICF-Total, assim como neste trabalho, pesquisas vêm relatando a influência positiva do composto quando aplicado ao solo na variável de clorofila. De acordo com Ghouili et al., (2022), tratando-se apenas do tratamento de composto de folhas de tamareira e esterco a 30 t ha<sup>-1</sup> em comparação ao solo na cultura da cevada, a sua incorporação obteve resultado superior para teor de clorofila total. Similar a Alotaibi et al. (2022) em estévia, onde o composto foi superior ao solo não tratado é igual ao tratamento com ureia para o índice de clorofila SPAD.

Aos 125 de cultivo, foram analisados o volume, massa seca e fresca da pimenta bico, os dados estão representados na tabela 5, assim como para as demais avaliadas acima, o tratamento a com a aplicação da maior dose de composto aumentou significativamente essas variáveis, exceto comprimento de raiz como visto anteriormente.

**Tabela 5** Valores médio do volume de raiz (VR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFPR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSPR), massa fresca total (MFT) e seca total (MST) aos 125 DAT em função das doses de composto orgânico em cultivo de pimenta bico.

Doses (D)	VL (mL)	MFA (g)	MFR (g)	MFT (g)	MAS (g)	MSR (g)	MST (g)
10 (D1)	25,83 b	11,33 c	23,15 b	34,49 b	3,41 c	3,39 b	6,81 c
20 (D2)	27,91 b	14,57 b	29,73 a	44,31 a	4,36 b	4,58 a	8,94 b
30 (D3)	33,75 a	18,10 a	31,41 a	49,51 a	5,70 a	5,03 a	10,73 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade.

Em relação ao volume de raiz, o maior valor foi encontrado quando utilizado a dose de 30 t ha<sup>-1</sup> (33,75/mL) de C.O, superando os volumes obtidos nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (25,83 mL) e 20 t ha<sup>-1</sup> (27,9/mL) que não diferiram estatisticamente. Esse aumento do volume radicular contribuiu para maior absorção de água e nutrientes, o que pode ter refletido em maior crescimento vegetativo da planta quando aplicado a maior dose de composto. Em concordância, trabalhos anteriores que indicam que a utilização de adubação orgânica promoveu o aumento do volume de raízes (Moraes et al., 2025).

Quanto a massa vegetal, o maior valor de massa fresca da parte aérea foi observado quando aplicado a maior dose de composto 30 t ha<sup>-1</sup>(18,10 g), esse valor foi superior ao alcançado pelas demais doses, seguido dos valores obtidos na 20 t ha<sup>-1</sup> (14,57 g) que por sua vez também foi superior à menor dose aplicada. Enquanto, na massa fresca da raiz os valores encontrados com a dose de composto 20 t ha<sup>-1</sup> (29,73 g) e 30 t ha<sup>-1</sup> (31,41 g) não diferiram estatisticamente, mas foram superiores quando comparados a 10 t ha<sup>-1</sup>. Tratando-se da massa fresca total, observou-se que a aplicação de 20 e 30 t ha<sup>-1</sup> proporcionou um maior incremento dessa variável, resultando na massa média de (44,31 g e 49,51 g), valores estes superiores quando fez se o uso da dose de 10 t ha<sup>-1</sup>.

O aumento da massa fresca da pimenta bico, em função das doses de composto orgânico, indica que essa adubação orgânica utilizada contribuiu para o crescimento, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular. Estudos em *Capsicum* também apontam efeito positivo do aumento da dose, Galvão et al. (2022) mostrou que a aplicação de doses crescentes do composto orgânico proveniente de resíduos agropecuários, promoveu incremento linear na massa fresca total de 226,476 g planta<sup>-1</sup> em habanero.

Enquanto Veloso *et al.* (2024) comprovou que a maior dose do composto 12 kg m<sup>2</sup>, aumentou a massa fresca da parte aérea do pimentão em torno de 45, 93 % superior à testemunha (solo). Kebede, Berhe e Zergaw (2023), também observou a incremento da massa fresca total em função das doses, com influência da maior avaliada 10 t ha<sup>-1</sup> em comparação aos demais tratamentos nos dois períodos avaliados em 2020 e 2021.

Assim como a massa fresca, a massa seca da parte aérea e das raízes foi significativamente superior quando utilizada a maior dose de 30 t ha<sup>-1</sup>, o que resultou na maior massa seca total quando aplicada essa dose. Confirmando assim a influência

positiva das doses na cultura da pimenta bico, uma vez que comprovou que há incremento das variáveis com aumento da dose de composto orgânico. Semelhantes aos trabalhos realizados com *Capsicum* onde Galvão *et al.* (2022) e Veloso *et al.* (2024) mostraram o mesmo comportamento para massa seca observado em massa fresca, encontrando valores superiores quando aplicados a maior dose do adubo orgânico.

O efeito sobre a aplicação de fertilizantes orgânicos no solo é comumente conhecido. Todavia, nesse estudo, foi demonstrado que a quantidade de adubo influencia nos parâmetros de crescimento da pimenta biquinho, com destaque para a utilização de 30 t ha<sup>-1</sup>. Outros trabalhos assim como este, sob aplicação de diferentes doses de um único adubo orgânico, também verificaram o crescimento influenciado positivamente à medida que a dose aumentou (Galvão *et al.*, 2022; Saygi, 2023; Veloso *et al.*, 2024; Khaitov *et al.*, 2019). Tendo isso em vista, outro ponto é a otimização do composto orgânico, que é feito com a sua utilização adequada, pois os benefícios dependem do tipo de composto, das condições de solo e da sua taxa de aplicação (Kelley *et al.*, 2022; Dembélé *et al.*, 2024).

Em suma, o uso do composto proveniente de resíduos agropecuários nesse trabalho demonstrou ser uma alternativa eficiente. Os resultados obtidos neste estudo com pimenta bico corroboram em parte com achados de Nieto-Garibay *et al.* (2002), que verificaram a maior desempenho em *C. annum L.* com a aplicação de 25 t ha<sup>-1</sup> em solo áridos, enquanto as doses superiores favorecem mais a melhoria das características físicas do solo.

Algumas hipóteses podem estar relacionadas aos resultados obtidos neste trabalho. Segundo Fan *et al.* (2023) os efeitos positivos da utilização do composto são atribuídos, à melhoria nas qualidades físico-química e biológica do solo, que conseqüentemente melhoram o desempenho vegetal. O aumento de teores de nutrientes no solo ocasionado pelo uso de composto tem sido amplamente discutido (Villa *et al.*, 2021). Principalmente tratando-se do aumento da fertilidade em função da taxa de aplicação, o que pode explicar o incremento nas variáveis de crescimento a cada aumento do adubo (Vitto *et al.*, 2022).

Tratando-se apenas da influência do composto no solo, sem avaliação de doses, trabalho realizado por Ghouili *et al.* (2022), evidenciou que o efeito positivo de crescimento de cevadas ocasionadas pelo seu uso pode estar associadas ao aumento na

disponibilidade de macro (N, P, K, Ca, Mg e Na) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) no solo, esses autores indicam que além da disponibilização dos nutrientes, há uma otimização de absorção e assimilação com a aplicação do fertilizante orgânico por meio da expressão de genes transportadores.

Vale destacar, o efeito desse adubo no acúmulo de nutrientes na planta, segundo Lobo e Grassi Filho *et al.* (2023) e Sedyiyama *et al.* (2016) registrou aumento nos níveis de nutrientes foliar (N, P, K, Ca, Mg, S) com a aplicação de composto orgânico na cultura da alface, o que promoveu uma maior produtividade. De acordo com Saldanha *et al.*, (2016) e Taiz (2017) os nutrientes estão associados a essa melhora no crescimento pois atuam na constituição e exercem funções essenciais para a planta, como na fotossíntese produzindo compostos orgânicos. E a falta de nutrientes essenciais causa anormalidades no crescimento impedindo que a planta complete seu ciclo.

Em resumo, o composto orgânico atua melhorando a sinalização de nutrientes nas plantas pois disponibiliza nutrientes ao solo, promove a microbiota e estimula a exsudação de composto orgânicos pelas raízes que por sua vez atuam na solubilização de nutrientes, aumentando assim a disponibilidade de nutrientes no solo e conseqüentemente crescimento vegetal (Kumar *et al.*, 2024). Com a utilização de composto orgânico, por ser um adubo de liberação lenta, ocorre a disponibilização gradual dos nutrientes no solo o que garante nutrientes a curto prazo e liberação a longo prazo para as culturas (De Nijs *et al.*, 2025). Essa lenta liberação reduz as perdas de nutrientes por lixiviação no solo (Ali *et al.*, 2023).

Além dos nutrientes, o composto contém substâncias húmicas bioestimulantes e diversidade de microrganismos (Porto *et al.*, 2023). As substâncias húmicas como ácido húmico e fúlvico, podem provocar alterações fisiológicas e estruturais no sistema radicular e parte aérea de plantas hortícolas que são relacionadas à distribuição, absorção e assimilação de nutrientes (Canellas *et al.*, 2015).

Acrescenta-se ainda que a adição do composto ao solo altera características físico-química (Erana; Tenkegna; Asfaw, 2019). Tais como conteúdo orgânico, porosidade, estabilidade de agregados e capacidade de retenção de água, a melhoria nessas características proporciona um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos, o que contribui para o crescimento vegetal (Ho *et al.*, 2022). Isso corrobora com resultados obtidos por de Nijs *et al.* (2025) no qual composto auxiliou no

crescimento profundo das raízes devido a melhora nas características físicas em virtude da adição de M.O. O que pode explicar o aumento no volume de raízes e consequentemente maior massa fresca e seca da pimenta biquinho nessa pesquisa quando aplicado maior dose de composto.

Em conclusão, os adubos orgânicos melhoram o crescimento pois favorecem as propriedades e funcionamento do solo, com isso melhora a absorção de nutrientes (Liu *et al.*, 2024). Em função dessa justificativa, o composto utilizado nesse experimento pode ter mantido as plantas saudáveis e auxiliado no seu desenvolvimento. Embora não tenha sido realizada análise foliar nesse estudo, os efeitos positivos foram evidenciados pelas variáveis de crescimento como altura, diâmetro, volume de raiz, massa fresca e seca. Esse resultado sugere incremento nos nutrientes essenciais fornecidos pelo composto a cada aumento de dose do composto, que por sua vez promoveram o maior crescimento.

Dessa forma, C.O mostrou-se ser uma alternativa viável para utilização de resíduos agrícolas no Vale do São Francisco como adubo, podendo reduzir a necessidade por fertilizantes minerais e o descarte desses resíduos inadequadamente, o que consequentemente minimiza o impacto ambiental ocasionado pela agricultura. Mas indica-se estudos posteriores com doses superiores à utilizada no presente trabalho em comparação com a dose recomendada, a fim de saber qual seria a máxima dose de aplicação desse adubo orgânico no solo e que promova maior desenvolvimento.

## **5. CONCLUSÃO**

Para as condições edafoclimáticas avaliadas, não houve efeito significativo da utilização de inoculantes e nem interação entre as doses de composto. O composto orgânico obtido de resíduos agrícolas, foi o principal responsável pelos resultados positivos nos parâmetros de crescimento da pimenta bico em região semiárida, promovendo incremento a cada aumento da dose, com destaque para a maior dose (30 t ha<sup>-1</sup>).

## 6. REFERÊNCIA

AEAARP-ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DE RIBEIRÃO PRETO. Pimenta na agricultura familiar. **Revista Painei**, Ribeirão Preto, 2021.

ALAN, H.; KÖKER, A. R. Analyzing and mapping agricultural waste recycling research: An integrative review for conceptual framework and future directions. **Resources Policy**, v. 85, p. 103987, 2023.

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Embrapa Hortaliças. Circular Técnica**, v. 64, 2008.

ALCÂNTARA, F. A.; RIBEIRO, C. S. C. Solos e adubação. *In*: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. (ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 81-93, 2008.

AL-HARBI, A.R. et al. Sweet peppers yield and quality as affected by biochar and compost as soil amendments under partial root irrigation. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 7, p. 452-460, 2020.

ALI, S. et al. Synergistic Effects of Compost and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Enhancing Maize Growth and Yield. **Plant and Environment**, v. 4, n. 02, p. 51-60, 2023.

ALOO, B. N.; MAKUMBA, B. A.; MBEGA, E. R. The potential of Bacilli rhizobacteria for sustainable crop production and environmental sustainability. **Microbiological Research**, v. 219, p. 26-39, 2019.

ALOTAIBI, M. O. et al. Compost and plant growth-promoting bacteria enhanced steviol glycoside synthesis in stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) plants by improving soil quality and regulating nitrogen uptake. **South African Journal of Botany**, v. 151, p. 306-314, 2022.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. **Embrapa agrobiologia. Circular técnica**, v. 12, 2005.

AYRES, M. et al. **Cartilha para produtores rurais: compostagem**. Manaus: Editora INPA, 2018.

BALKRISHNA, A. et al. Growth and yield potential of sludge-based organic fertilizers on bell pepper *Capsicum annum*. **Asian Journal of Agriculture**, v. 8, n. 1, 2024.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0. **Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas**, 2010.

BARZALLO, D. et al. Enhancing turnip cultivation with plant growth-promoting bacteria in organic fertilizer. **Revista Caatinga**, v. 38, p. e12843, 2025.

BELTRÃO, J. de S. **Cultivo de pimenta biquinho sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cerrado mato-grossense**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Sinop, 2019.

BHUNIA, S. et al. Successive cultivation of cabbage and spinach by land application of recycled slaughterhouse waste: Benefit to farmers and agro-ecosystem health. **Environmental Technology & Innovation**, v. 29, p. 102967, 2023.

BIONE, M. A. A. **Cultivo hidropônico de pimenteira ‘biquinho’ com águas salobras**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, 2017.

BORGES, W. L. **Compostagem orgânica**. 1. ed. Macapá: Embrapa Amapá, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020.

CANAL PRODUTOR. Pimentas frescas: mercado promissor no Nordeste. **ISLA Sementes**, 22 jun. 2022. Disponível em: <https://canalдохorticultor.com.br/pimentas-frescas-mercado-promissor-no-nordeste/>. Acesso em: 27 nov. 2024.

CANELLAS, L. P. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia horticultrae**, v. 196, p. 15-27, 2015.

CANTO- MARTÍN, J.C.; PERALTA, S. M.; AVELINO, D. M. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). **Tropical and subtropical Agroecosystems**, v. 4, n. 1, p. 21-27, 2004.

CANTÚ, R. R. et al. **Compostagem: estratégias para transformar resíduos em fertilizantes**. Santa Catarina: EPAGRI, 2022.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

CARDOZO, M. T. D. et al. Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 673-684, 2016.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília-DF, **Embrapa Hortaliças**, p. 27, 2006. (Documentos 94).

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. DE B. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. (ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008, p 39-55.

CARVALHO, V. D. Características químicas de pimentas e pimentos. **Informe Agropecuário**, v. 10, n.113, p.76-78, 1984.

CASTAÑO, A. M. P. et al. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990-2019. **RIAA**, v. 12, n. 2, p. 161-178, 2021.

CASTILLO-AGUILAR, C. C. et al. Evaluation of rhizobacteria strains in the production of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) seedlings. 2017.

CHAI, Y. N.; SCHACHTMAN, D. P. Root exudates impact plant performance under abiotic stress. **Trends in plant science**, v. 27, n. 1, p. 80-91, 2022.

CHEN, L.; LIU, Y. The function of root exudates in the root colonization by beneficial soil rhizobacteria. **Biology**, v. 13, n. 2, p. 95, 2024.

CHOWDHURI, I.; PAL, S. C. Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture crop production: A systematic review to achieve sustainable development goals (SDGs). **Soil and Tillage Research**, v. 248, p. 106442, 2025.

CUNHA, L. de M. V. da et al. **Pimenta ‘biquinho’: aspectos agrônômicos, qualidade de sementes e processamento**. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, 2020.

DA SILVA, A. P.; DOURADO, M. N. Mecanismos de promoção de crescimento vegetal por bactérias endofíticas. *Iniciação Científica Cesumar*, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2022.

DE CORATO, U. Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. **Science of the Total Environment**, v. 738, p. 139840, 2020.

DE NIJS, E. A. et al. From waste to fertilizer: The impact of rose-waste compost on cut rose cultivation in Kenya. **Cleaner Waste Systems**, v. 10, p. 100208, 2025.

DEMBÉLÉ, G. et al. Optimizing type, date, and dose of compost fertilization of organic cotton under climate change in Mali: A modeling study. **Plos one**, v. 19, n. 8, p. e0308736, 2024.

DOMENICO, C. I. **Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 2011.

DORES SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. de O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, p. 640-645, 2013.

DOS SANTOS, W. M. et al. Desempenho agrônômico de pimenta dedo de moça sob adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10610413893-e10610413893, 2021.

DUCA D.; LORV J.; PATTEN C. L.; ROSE D.; GLICK B. R. Ácido indol-3-acético em interações planta-micróbio. **Anton Leeuw**, p. 85-125, 2014.

DUTRA, F. B. et al. Tratamentos com bioinsumos melhoram a germinação e o vigor de sementes de *Mimosa bimucronata*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 55, e82513, 2025.

EKINCIALP, A. Effects of chemical and organic fertilizer combinations on bioactive compounds and macro-micro nutrients in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits. **ACTA SCIENTIARUM POLONORUM, HORTORUM CULTUS**, v. 23, n. 5, 2024.

EMMANUEL, O. C.; BABALOLA, O. O. Productivity and quality of horticultural crops through co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria. **Microbiological Research**, v. 239, p. 126569, 2020.

EPAMIG. Cultivo de pimenta *Capsicum*. **EPAMIG Sudeste**, p. 24, 2022. Disponível em; <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Pimenta-capsicum.pdf>. Acesso em: 20 jul.2024

ERANA, F. G.; TENKEGNA, T. A.; ASFAW, S.L. Effect of agro industrial wastes compost on soil health and onion yields improvements: study at field condition. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 8, n. Suppl 1, p. 161-171, 2019.

ESTRADA-BONILLA, G. A.; DURRER, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Use of compost and phosphate-solubilizing bacteria affect sugarcane mineral nutrition, phosphorus availability, and the soil bacterial community. **Applied Soil Ecology**, v. 157, p. 103760, 2021.

FAN, H. et al. Effects of organic fertilizer supply on soil properties, tomato yield, and fruit quality: A global meta-analysis. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2556, 2023.

FARIA, P. N. et al. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 17-22, 2013.

FERREIRA, T. C. et al. Potencial de *Bacillus spp.* em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 4, p. 195-203, 2021.

FLORENCIO, C. et al. Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, p. 1133-1145, 2022.

GALVÃO, J. R. et al. Growth and macronutrient content of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) subjected to organic fertilization. **Colloquium Agrariae**, v. 18, p. 11-23, 2022.

GARCIA, W. do C. et al. Compostagem da casca da mandioca: estudo de caso em uma comunidade no município de Abaetetuba-PA. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 2020.

GAVILANES-TERÁN, I. et al. Composto agroindustrial como alternativa à turfa na indústria hortícola do Equador. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 186, p. 79-87, 2017.

GEORGE, T. S.; ONWUGBUTA-ENYI, J. A. Comparative effects of organic and inorganic fertilizers on the growth performance of chilli pepper (*capsicum annum l.*). **Faculty of Natural and Applied Sciences Journal of Scientific Innovations**, v. 4, n. 1, p. 83-88, 2023.

GHOUILI, E. et al. Date palm waste compost promotes plant growth and nutrient transporter genes expression in barley (*Hordeum vulgare L.*). **South African Journal of Botany**, v. 149, p. 247-257, 2022.

GHOUILI, E. et al. Effects of date palm waste compost application on root proteome changes of barley (*Hordeum vulgare L.*). **Plants**, v. 12, n. 3, p. 526, 2023.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological research**, v. 169, n. 1, p. 30-39, 2014.

GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, n. 1, p. 963401, 2012.

GUNJAL, A. B.; GLICK, B. R. Bactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPB) na horticultura. **Anais da Indian National Science Academy** , v. 90, n. 1, p. 1-11, 2024.

HASSAN, N. Y. I. et al. Composting: An eco-friendly solution for organic waste management to mitigate the effects of climate change. **Innovare Journal of Social Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1-7, 2023.

HO, T. T. K. et al. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 6, p. 100211, 2022.

**INCAPER.** O Espírito Santo se consolida no topo da produção nacional de pimenta-do-reino. 2023. Disponível em: <Espírito Santo se consolida no topo da produção nacional de pimenta-do-reino>. Acesso em: 27 Nov. 2024

JIMÉNEZ, A. C. E. et al . Uso de enmienda orgánica y microorganismos eficientes en chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*). **Siembra**, Quito , v. 11,n. 1,5875, 2024 .

KEBEDE, T.; BERHE, D. T.; ZERGAW, Y. Effects of biochar and compost application on soil properties and on the growth and yield of hot pepper (*Capsicum annum L.*). **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2023, n. 1, p. 8546135, 2023.

KEBEDE, T.; DIRIBA, D.; BOKI, A. The effect of organic solid waste compost on soil properties, growth, and yield of Swiss chard crop (*Beta vulgaris L.*).**The Scientific World Journal**, v. 2023, n. 1, p. 6175746, 2023.

KELLEY, A.J. et al. Compost composition and application rate have a greater impact on spinach yield and soil fertility benefits than feedstock origin. **Horticulturae**, v. 8, n. 8, p. 688, 2022.

KHAI TOV, B. et al. Impact of organic manure on growth, nutrient content and yield of chilli pepper under various temperature environments. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 17, p. 3031, 2019.

KOUL, B.; YAKOUB, M.; SHAH, M. P. Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. **Environmental Research**, v. 206, p. 112285, 2022.

KUMAR, V. et al. Dynamics of plant nutrient signaling through compost. **The Microbe**, v. 2, p. 100047, 2024.

LARA-CAPISTRÁN, L. et al. Agronomic response of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) to application of *Bacillus subtilis* and vermicompost in greenhouse. **Terra Latinoamericana**, v. 38, n. 3, p. 693-704, 2020.

LIU, Y. et al. Multifaceted ability of organic fertilizers to improve crop productivity and abiotic stress tolerance: Review and perspectives. **Agronomy**, v. 14, n. 6, p. 1141, 2024.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Avaliação do nitrogênio orgânico e mineral em quatro ciclos sucessivos da cultura da alface. **Revista Ciência Agrícola**, v. 21, p. 11877, 2023.

LUTZ, D. L.; FREITAS, S. C. de. Valor nutricional. In: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. (ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, p. 31-39, 2008.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. atual. **Viçosa, MG: UFV**, ed. 1, p. 355, 2009.

MARIANO, R. de L. R. et al. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 1, p. 89-111, 2004.

MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 4251-4262, 2019.

MEJÍA-BAUTISTA, M. Á. et al. *Bacillus* spp. on the growth and yield of *Capsicum chinense* Jacq. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2022.

MORAES, B. V. et al. *Bacillus subtilis* inoculated in organic compost could improve the root architecture and physiology of soybean under water deficit. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 220, p. 109540, 2025.

MOREIRA, G.R. et al. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, p.16-29, 2006.

NEITZKE, R. S. et al. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 102-109, 2016.

NIETO-GARIBAY, A. et al. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. **INCI**, Caracas, v. 27, p. 417-421, 2002.

NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. **Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica**, v. 59, 2009.

OLIVEIRA, A. de et al. Methods of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria in specialty maize genotypes under organic agriculture system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 44, p. e54910, 2022.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

OLIVEIRA, G. S. et al. Avaliação de coberturas comestíveis para conservação de pimenta biquinho (*Capsicum chinense* Jacq.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 19-29, 2018.

OLIVEIRA, J. R. de et al. Estado nutricional e produção da pimenteira com uso de biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1241-1246, 2014.

PAHALVI, H. N. et al. Chemical fertilizers and their impact on soil health. In: **Microbiota and biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly tools for reclamation of degraded soil environs**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 1-20.

PARASTESH, F.; ALIKHANI, H. A.; ETESAMI, H. Vermicompost enriched with phosphate-solubilizing bacteria provides plant with enough phosphorus in a sequential cropping under calcareous soil conditions. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 27-37, 2019.

PASCUTTI, M. C. D.; SILVESTRE, R. da S. F.; ORTIZ, T. Alberto. The role of microorganisms in sustainable agriculture: a review. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 52, p. e1253-e1253, 2024.

PATHANIA, P. et al. Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 30, p. 101842, 2020.

PEREIRA, J. M. et al. Agronomic, physicochemical, and sensory characteristics of fruit of Biquinho pepper cultivated with liquid biofertilizer. **Scientia Horticulturae**, v. 288, p. 110348, 2021.

PINTO, C. M. F. et al. Nutrição mineral e adubação para pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 50-57, 2006.

PINTO, C. M. F.; DE OLIVEIRA PINTO, C. L.; DONZELES, S. M. L. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2013.

PORTO, L. N. R.; MARIANO, E. D.; CARDOSO, J. C. Compostagem de resíduos vegetais frescos e sua aplicação no cultivo de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2545, 2023.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. et al. **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros**. Francisco Reifschneider, Luciano Nass, Gilmar Henz, 2015.

REYES-RAMÍREZ, A. et al. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). **Agrociencia**, v. 48, n. 3, p. 285-294, 2014.

RIBEIRO, C. S. da C et al. Cultivares de pimentas das espécies *Capsicum* spp. desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças. **Circular Técnica**, v. 172, p. 30, 2020.

RIBEIRO, C. S. da C. et. al. Pimenta- Socioeconomia. **Embrapa**, 2022.

RIBEIRO, C. S. da C; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Genética e Melhoramento. *In*: RIBEIRO, C. S. C.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. (ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008, p 55-69.

SALDANHA, C. B. et al. Ciência do solo: fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas. **Londrina: Editora e Distribuidora Educacional SA**, 2016.

SALVADOR, G. L. O. et al. Rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus presented distinct and specific effects on soybean growth when inoculated with organic compost. **Rhizosphere**, v. 22, p. 100513, 2022.

SAMANIEGO-GÁMEZ, B. Y. et al. Induced systemic resistance in the *Bacillus* spp.—*capsicum chinense* Jacq.—PepGMV interaction, elicited by defense-related gene expression. **Plants**, v. 12, n. 11, p. 2069, 2023.

SANTOS, R. H. S. et al. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, p. 1395-1398, 2001.

SANTRUM, M. J.; TOKAN, M. K.; MELLA, V. N. The effect of using liquid organic fertilizer based on organic waste on the growth and production of chili plants (*Capsicum frutescens*). **Haumeni Journal of Education**, v. 3, n. 2, p. 44-55, 2023.

SARTORI, V. C. et al. Cartilha para agricultores (compostagem): produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. **Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul**, 2012.

SAYGI, H. Effect of municipal solid waste compost on yield, plant growth and nutrient elements in strawberry cultivation. **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 9447, 2023.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 294-299, 2009.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) ‘Kaiser’. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, p. 66-74, 2016.

SILVA, C. A. et al. Matéria orgânica do solo: ciclo, compartimentos e funções. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**, p. 17-48, 2023.

SILVA, D. J. et al. Produção orgânica no polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA: prospecção e uso de insumos e resíduos agrícolas. Documentos (305). **Embrapa semiárido**, 2021.

SILVA, F. A. de M; BÔAS, R. L. V.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 131-137, 2010.

- SINI, H. N. et al. Effects of biofertilizer on the production of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 16, p. 101060, 2024.
- SMITH, P. G.; HEISER J. R., Charles B. Taxonomy of *Capsicum sinense* Jacq. and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum* species. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, p. 413-420, 1957.
- SOSA-PECH, M. et al. Germinação, crescimento e produção de glucanase em *Capsicum chinense* Jacq. inoculada com *Bacillus* spp. **Agricultural Ecosystems and Resources**, v. 6, p. 137–143, 2019.
- SOUZA, R.B; ALCÂNTRA, F.A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 8p (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 65).
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TIMMUSK, S. et al. Bacterial distribution in the rhizosphere of wild barley under contrasting microclimates. **PloS one**, v. 6, n. 3, p. e17968, 2011.
- VELOSO, F. de S. et al. Organic compound in soil conditioning and growth and production of pepper. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 25, n. 1, p. 1-14, 2024.
- VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. Compostagem: produção de adubo orgânico a partir de resíduos agrícolas. Cartilha. **EPAMIG**. 2023.
- VIEIRA, E. L. et al. Manual de fisiologia vegetal. **Edufma**, p. 230, 2010.
- VILLA, Y. B. et al. Organic matter amendments improve soil fertility in almond orchards of contrasting soil texture. **Nutr Cycl Agroecosyst**. v. 120, p. 343–361, 2021.
- VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 28-34, 2004.
- VITTO, D.C.; GUIMARÃES, V. F.; OLIVEIRA, P. S. R. de; CECATTO Jr, R.; SILVA, A. S. brasileiro fertilizado com cama de frango. **Nativa**, v. 10, n. 4, p. 477-485, 2022.
- WANG, Hong-Wei et al. Co-application of spent mushroom substrate and PGPR alleviates tomato continuous cropping obstacle by regulating soil microbial properties. **Rhizosphere**, v. 23, p. 100563, 2022.
- WANG, N. et al. Long-Term Compost Fertilization Enhanced Soil Disease Suppressiveness by Fostering Interactions between Root Exudates and the Rhizosphere **Microbiological Research**, v. 302, p. 128327, 2026.
- ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília: **Embrapa**, p. 263-303, 2021.